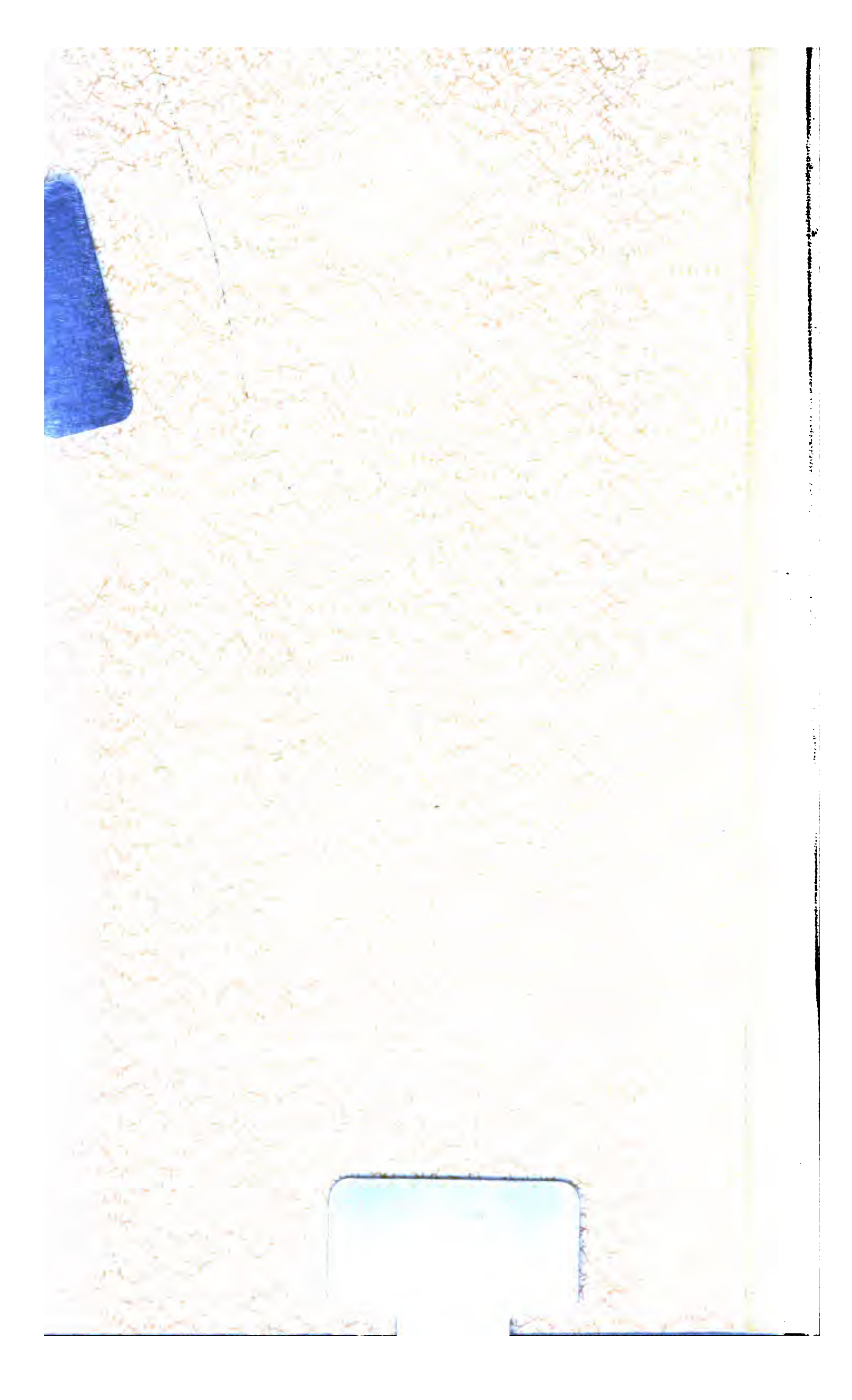
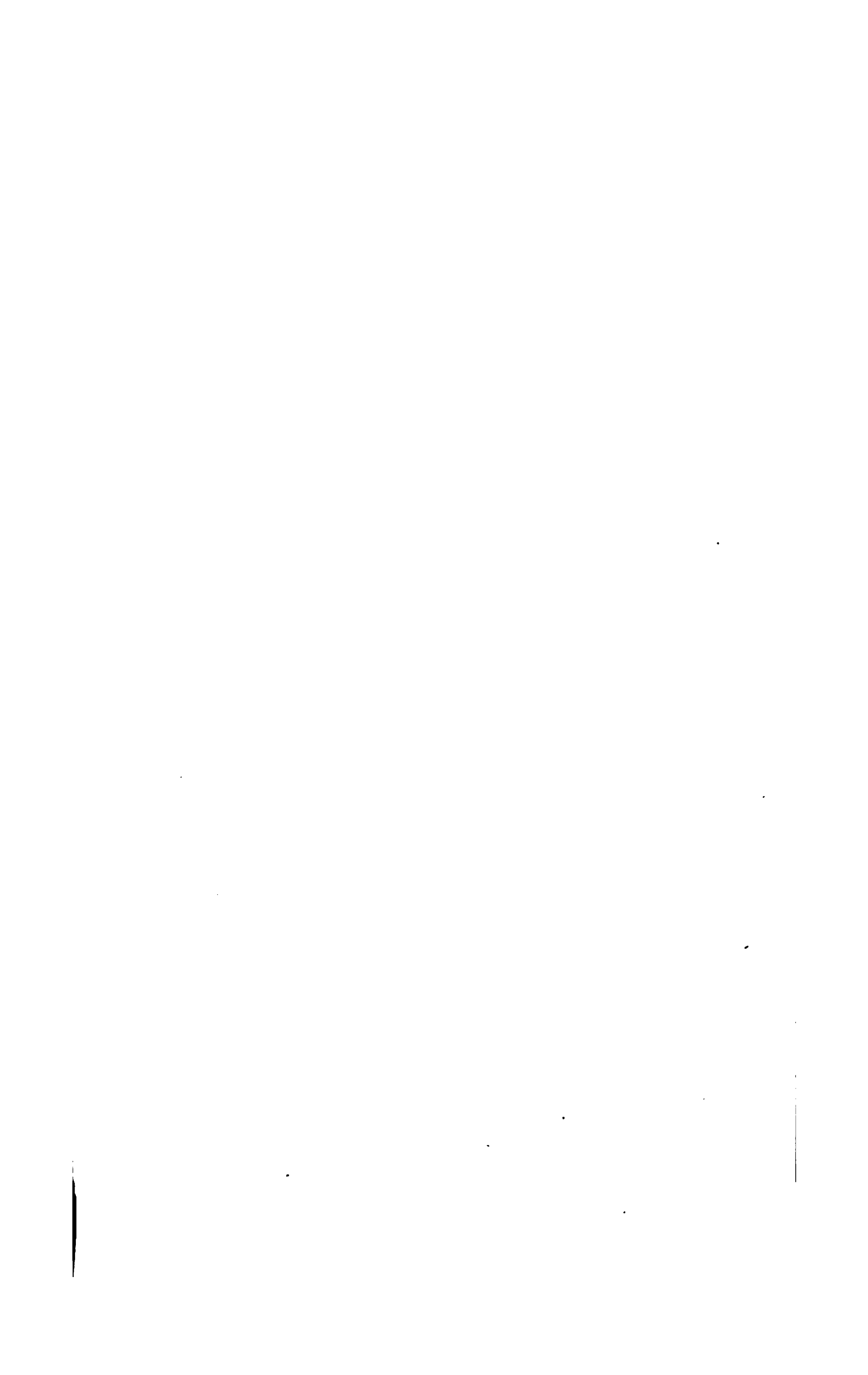

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 00546342 1







Mathematische und physikalische

Geographie

nebst

Chronologie.

Bearbeitet

von

Director Dr. Wiegand,

Dr. Cornelius und Prof. Dr. v. Schmöger.

Drei Theile.

Erster Theil:

Mathematische Geographie.

Halle,

Druck und Verlag von H. W. Schmidt.

1869.

Grundriss

der

mathematischen Geographie.

Für höhere Lehranstalten

entworfen

von

Dr. August Wiegand.

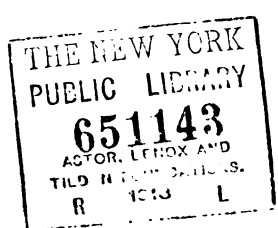
Mit eingedruckten Holzschnitten.

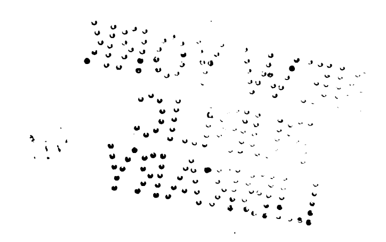
Siebente, theilweise umgearbeitete Auflage.

Halle,

Druck und Verlag von H. W. Schmidt.

1869.





Den Manen

meiner in der Blüthe ihrer Jahre abgeschiedenen, hoffnungsvollen Söhne

RICHARD ADELBERT WIEGAND,

geb. den 7. März 1843,
gefallen in der Schlacht bei Königgrätz am 3. Juli 1866,

und

JOHANNES PAUL OTTO WIEGAND,

geb. den 7. Juli 1844,
gest. an einer Herzkrankheit am 13. Mai 1866,

gewidmet.

Vorwort zur ersten Auflage.

Ueber meine Grundsätze in Betreff eines Buches, welches als Grundlage bei Schulvorträgen dienen soll, habe ich mich bereits an einem andern Orte*) ausführlich ausgesprochen, und ich beschränke mich deshalb auf die Bemerkung, dass ich hier wie dort durch die Anordnung des Lehrstoffs namentlich dafür Sorge getragen habe, dass ebenso der Lehrer für seinen Vortrag, wie der Schüler für sein Ergänzungsheft passende Anknüpfungspunkte finde. Wie nun vorliegender Grundriss offenbar nichts Ganzes giebt und geben soll, so dürfte gleichwohl der Inhalt auch nicht fragmentarisch zu nennen sein. Die mathematische Begründung ist nirgends unterlassen worden, wo die Elementarmathematik ausreichte; doch sind in der Regel alle Zwischenentwickelungen übersprungen worden. Ebenso sind umständliche Beschreibungen und ein behagliches Eingehen und Verweilen bei solchen Partieen, die *Kühner* sehr bezeichnend das astronomische Zuckerbrot nennt, vermieden worden, und es trägt somit das Ganze ein mehr aphoristisches Gepräge.

Manche Partieen, die sich an das Studium der mathematischen Geographie unmittelbar anknüpfen, hätte ich gar gern dem Büchelchen noch mit einverleibt, doch, da mir der Grundriss als Leitfaden in der Schule dienen soll, musste ich darauf denken, den Stoff mit der Zeit (wöchentlich eine Stunde bei einjährigem Cursus) in Einklang zu bringen, und ich denke, es wird den meisten Lehrern dieser Wissenschaft ebenso ergehen.

---

*) S. Vorrede zum *Grundriss der Experimentalchemie.*

Schliesslich kann ich nicht unterlassen, den Wunsch auszusprechen, dass man der mathematischen Geographie, als einem vorzüglichen Bildungsmittel des jugendlichen Geistes, immer mehr und mehr Geltung in der Schule angedeihen lassen und anerkennen möge, mit welcher hohen Wahrheit ein grosser Genius der Deutschen von der Astronomie, wovon doch jene ein Theil ist, sagt: dass sie dem Menschen ein erhabenes Herz giebt, und ein Auge, das über die Erde hinausreicht, und Flügel, die in die Unermesslichkeit heben, und einen Gott, der nicht endlich, sondern unendlich ist.

Halle, im März 1846.

A. W.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die zweite Auflage hat mancherlei Verbesserungen erfahren, namentlich bin ich bemüht gewesen, den öffentlich und privatim an mich ergangenen Wünschen Derer zu genügen, die das Buch ihren Schulvorträgen zu Grunde gelegt haben. Möchte es sich in seiner neuen Gestalt ihren Beifall noch in höherem Grade erwerben.

Um der vielfach an mich ergangenen Aufforderung, auch ein nach gleichem Plane verfasstes Lehrbuch der physikalischen Geographie herauszugeben, nachzukommen, habe ich den Herrn Dr. *Cornelius* in Halle veranlasst, dieses an meiner Statt zu thun, und es wird dessen Schrift der meinigen auf dem Fusse nachfolgen.

Halle, den 13. März 1851. A. W.

Vorwort zur dritten Auflage.

Nach Massgabe des heutigen Standes der Wissenschaft hat auch die dritte Auflage mancherlei Verbesserungen und Zusätze erfahren, von denen die Schrift selbst Zeugniss mag.

Diejenigen, welche eine weitere Ausführung der Chronologie wünschen, als hier gegeben werden konnte, verweise ich auf den dritten, die Chronologie speziell behandelnden Theil, dessen Bearbeitung Herr Dr. *von Schmöger*, Professor am K. B. Lyceum in Regensburg übernommen hat.

Halle, den 1. November 1853. *A. W.*

Vorwort zur sechsten Auflage.

Diese Auflage hat eine wesentliche Umarbeitung erfahren. Darauf bezügliche freundliche Winke verdanke ich vorzugsweise meinem hochverehrten Lehrer und lieben Freunde, dem Professor der Astronomie Herrn Dr. *Rosenberger* hierselbst. Auch an dieser Stelle kann ich nicht unterlassen, diesem Herrn meinen tiefgefühltesten Dank auszusprechen.

Halle, den 24. Juli 1866. *A. W.*

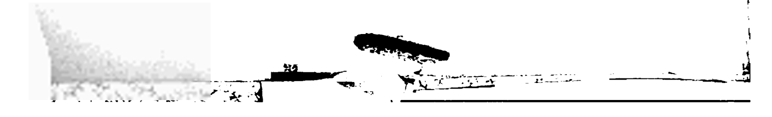
Vorwort zur siebenten Auflage.

Obgleich zwischen der vorigen und dieser Auflage nur ein verhältnissmässig kurzer Zeitraum liegt, so fallen doch in denselben ganz wesentliche Bereicherungen der Wissenschaft und konnte deshalb auch eine theilweise Umarbeitung des vorliegenden Buches nicht umgangen werden. Keineswegs ist dieselbe aber von solchem Belange, dass sie die Benutzung der vorigen Auflage neben der jetzigen unmöglich machte.

Freundliche Winke und Belehrungen verdanke ich dem Professor der Astronomie in Münster Herrn Dr. Heis, sowie meinem verehrten Freunde, Herrn Director Dr. Schrader an der Realschule zu Halle.

Merkwürdiger Weise hat sich, wie erst jetzt ermittelt worden ist, durch alle früheren Auflagen ein Rechenfehler hindurchgeschleppt. Es ist dort nämlich am Schlusse des I. Abschnittes im 6. Kapitel der 14. Mai statt des 15., und Donnerstag statt Mittwoch angegeben. Das Verdienst, diesen Fehler aufgespürt zu haben, gebührt meinem lieben Schul- und Universitäts-Freunde Herrn Pastor *Roderich Lange* in *Höhnstedt*. Möge derselbe meinen aufrichtigen Dank auch an dieser Stelle entgegennehmen.

Halle, den 16. April 1869. ***A. W.***



Inhalt.

Siebentes Kapitel. Der Mond in seinem Verhältniss zur Erde und Sonne.

Achtes Kapitel. Entfernung der Himmelskörper.

Neuntes Kapitel. Natürliche Beschaffenheit der Himmelskörper.

Mathematische Geographie.

Aufgabe derselben.

Die *mathematische Geographie* hat die Aufgabe, die Gestalt und Grösse der Erde, die Art und die Gesetze ihrer Bewegung und ihr Verhältniss als Weltkörper zu andern Weltkörpern zu untersuchen.

Erstes Kapitel.

Thatsachen der Beobachtung.

I. Auf der Erdoberfläche.

1) Dem Beobachter auf einem freien Standpunkte scheint die Erdoberfläche durch das darauf ruhende Himmelsgewölbe begrenzt zu sein.

2) Die Begrenzung, welche der ***natürliche Horizont*** (die ***Kimm*** oder der ***Gesichtskreis***) genannt wird, erscheint ihm als Umfang eines Kreises, dessen Fläche der sichtbare Theil der Erdoberfläche (die ***Horizontalfläche***, ***Gesichtsfläche***) bildet, und in dessen Mittelpunkte der Beobachter steht.

3) Die Horizontalfläche lässt sich für denselben Standpunkt durch Anwendung von Fernröhren über eine bestimmte Grenze hinaus nicht erweitern.

4) Für gleich hohe Beobachtungspunkte ist der Meerhorizont der grösste.

5) Erhöht der Beobachter seinen Standpunkt, so wird der Horizont weiter. (Luftschiffer.)

6) Gegenstände, die sich vom Beobachter entfernen (absegelnde Schiffe und dergleichen), entschwinden allmähli

dessen Blicken, die unteren (der Erde näheren) Theile zuerst, die oberen zuletzt, — sie tauchen am Rande des Horizonts unter. Bei ankommenden Gegenständen findet die entgegengesetzte Erscheinung statt.

7) Für die verschiedenen Beobachtungspunkte auf der Erdoberfläche bleiben alle genannten Erscheinungen im Allgemeinen dieselben.

8) Entfernt sich der Beobachter von seinem Standpunkte auf der Erdoberfläche, so wird der Gesichtskreis theilweise ein anderer. Neue Gegenstände im Angesicht desselben tauchen auf, andere tauchen im Rücken desselben unter. (Der Pic auf Teneriffa, c. ½ Meile hoch, bleibt nur bis zu einer Entfernung von 29 Meilen sichtbar.)

9) Wenn man in einer und derselben Richtung (zu Lande und zu Wasser) fortreist, so kommt man auf den Ausgangspunkt zurück.

II. Ueber der Erdoberfläche.

A. Die Sonne.

1) Die Sonne erhebt sich am Morgen jedes Tages in einer bestimmten Gegend des Horizonts, der sogenannten *Ostgegend*, über denselben, steigt in einem Bogen immer höher und höher, erreicht um Mittag ihre grösste Höhe, — die Gegend, in der sie zu dieser Zeit steht, heisst die *Südgegend*, — senkt sich dann wieder nach der Erde und verschwindet am Abend in der sogenannten *Westgegend* unter dem Horizonte. Die der Südgegend diametral entgegengesetzte Gegend des Horizonts wird die *Nordgegend* genannt.

2) Die Zeitdauer von einem Sonnenaufgange bis zum nächsten ist im Allgemeinen eine bestimmte und heisst ein *Tag*. Der 24ste Theil desselben heisst eine *Stunde*.

Die Regelmässigkeit in der Wiederkehr des Aufganges der Sonne macht es wahrscheinlich, dass die Sonne während der Nacht unter dem Horizonte einen ähnlichen Bogen am Himmelsgewölbe beschreibt. (Tag- und Nachtbogen.)

3) Die Sonne geht nicht immer in demselben Punkte der Ostgegend auf und ebenso nicht immer in demselben Punkte der Westgegend unter, wohl aber erreicht sie immer in der-

selben Richtung der Südgegend ihre grösste Höhe. Der in dieser Richtung liegende Punkt des Horizontes heisst der *Südpunkt.* Durch diesen bestimmen sich von selbst der *Nordpunkt* und ebenso der *Süd-* und *Westpunkt.*

Gleiche Schattenlänge eines senkrechten Stifts auf einer Horizontalfläche gleiche Zeit vor und nach Mittag. Kürzester Schatten um Mittag. Bestimmung der *Mittagslinie* (Verbindung des Süd- und Nordpunkts) durch Markirung gleicher Schattenlängen und Halbirung des von ihnen eingeschlossenen Winkels. (*Windrose.*)

4) Die Sonne geht des Jahres zweimal in einem und demselben Punkte der Ostgegend auf und ebenso in der Westgegend unter. Am 21. März und 23. September geht sie im Ostpunkte auf und im Westpunkte unter.

5) Vom 21. März an geht die Sonne täglich immer mehr nördlich vom Ostpunkte auf und ebenso nördlich vom Westpunkte unter, und zwar bezüglich immer in gleichen Abständen von den genannten Punkten. Nördliche *Morgen-* und *Abendweite.* Am 21. (22.) Juni sind diese am grössten und nehmen dann wieder ab bis zum 23. September. Von diesem Tage an sind die Morgen- und Abendweiten südlich, nehmen zu bis zum 21. (22.) December und dann wieder ab bis zum 21. März, und so fort.

6) Die Tagbögen der Sonne bilden nach Norden zu mit dem Horizonte (dem unsrigen) stets stumpfe Winkel und zwar immer dieselben. Die Tagbögen sind also parallel.

7) Die Grösse der Tagbögen ist verschieden, doch durchläuft die Sonne in gleichen Zeiten gleichviel Grade derselben. Am 21. März und 23. September betragen die Tagbögen gerade 180°. Vom 21. März an wachsen sie mit der nördlichen Morgen- und Abendweite und erreichen mit dieser ihre grösste Länge, nehmen hierauf wieder ab bis zur Zeit der grössten südlichen Morgen- und Abendweite, wo sie dann wieder zunehmen, wenn jene abnimmt.

8) Die Mittagshöhe der Sonne richtet sich ganz nach der Länge ihrer Tagbögen; sie ist also am 21. (22.) Juni am grössten und am 21. (22.) December am kleinsten. Der höchste Punkt der Sonne an jedem Tage heisst ihr *Culminationspunkt.* und man sagt, sie *culminire,* wenn sie diesen erreicht.

B. Die Sterne.

9) Aehnliche Erscheinungen, wie die Sonne am Tage, zeigen die meisten Gestirne während der Nacht. Sie tauchen ebenfalls in der Ostgegend auf und bewegen sich in Bögen über das Himmelsgewölbe bis zum entgegengesetzten Rande des Horizonts, hinter welchem sie verschwinden. *Tag-* und *Nachtbögen* der Gestirne.

10) Die Zeitdauer von einem Sternaufgange bis zum andern ist eine bestimmte.

11) Der Ort des Aufgangs in der Ostgegend, sowie des Untergangs in der Westgegend bleibt für jeden Stern unverändert. Hieraus erkennt man zugleich, dass die Sonne ausser der den übrigen Gestirnen eigenthümlichen Bewegung noch eine zweite davon verschiedene haben müsse.

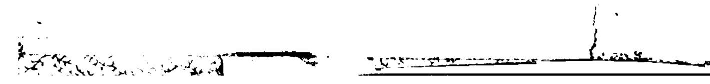
12) Die Sterne, welche südlich vom Ostpunkte aufgehen, beschreiben Tagbögen, welche kleiner sind als 180° und bei zunehmender Entfernung vom Ostpunkte den Graden nach immer kleiner werden. Die Tagbögen der nördlichen Gestirne hingegen sind grösser als 180° und nehmen mit der Entfernung vom Ostpunkte an Graden zu.

13) Ein Stern, der gerade im Ostpunkte aufgeht, hat einen Tagbogen von gerade 180°. Die Bahn, welche ein solcher Stern beschreibt, heisst der *Aequator.* Gleichweit vom Aequator entfernte Sterne beschreiben gleich grosse Kreisbahnen (Tagbogen und Nachtbogen nämlich zusammengerechnet).

14) Die Bögen, welche die Gestirne beschreiben, sind sämmtlich parallel und haben eine gemeinschaftliche Drehungsaxe, die sogenannte *Weltaxe.* Der nördliche Endpunkt derselben am Himmelsgewölbe heisst der *Nordpol,* der entgegengesetzte der *Südpol.*

15) Ganz in der Nähe des Nordpols befindet sich ein Stern, der *Polarstern,* bei welchem man ohne Fernröhre gar keine Bewegung wahrnehmen kann.

Den Polarstern (a) kann man mit Hülfe des grossen Bären sehr leicht auffinden; hat nämlich gegen diesen eine solche dass $ab = bc$ ist.



16) In der Nähe des Nordpols befinden sich eine Menge Sterne, die weder auf- noch untergehen, sondern sich in vollständigen Kreisen über dem Horizonte um die Weltaxe drehen. *(Circumpolarsterne)*.

17) Trotz der Bewegung der Gestirne bleibt doch ihre gegenseitige Entfernung eine unveränderte und es scheint deshalb, als ob sie an das Himmelsgewölbe befestigt seien. Daher der Name *Fixsterne*.

18) Einige verhältnissmässig wenige Gestirne haben eine scheinbar regellose Bahn. Die *Planeten* mit ihren *Monden (Trabanten)* und die *Kometen*.

19) Je weiter wir nach Osten gehen, desto früher gehen die Gestirne auf und unter. Gehen wir nach Westen, so ist es umgekehrt. Eine nach einem westlicher liegenden Orte gebrachte Uhr geht zu früh und umgekehrt. Wer nach Osten reist, dem verkürzt sich der Tag und umgekehrt. Gelangt er, immer in östlicher Richtung fortreisend, wieder zu seinem Ausgangspunkte, so hat er gerade einen vollen Tag gewonnen, d. h. er wird gegen die Zeitrechnung am Ausgangspunkte einen Tag voraus sein. Bei einer Reise nach Westen wird gerade das Umgekehrte eintreten.

20) Reisen wir nach Süden, so tauchen vorher nicht sichtbar gewesene Gestirne auf, andere verschwinden im Norden. Bei einer Reise nach Norden findet das Umgekehrte statt.

Zweites Kapitel.

Die Kugelgestalt der Erde.

Für dieselbe sprechen:

1) *Der stets kreisförmig erscheinende Horizont.* Die alten Griechen hielten die Erde für eine Scheibe, umflossen vom Okeanos-Strom. Die scharfe Begrenzung des Horizonts spricht schon dagegen.

2) *Die Erweiterung des Gesichtskreises bei erhöhtem Standpunkte.* Die Bergspitzen sind zuerst erleuchtet und zwar die östlicher gelegenen früher, als die westlicher liegenden.

3) *Das so frühe und allmählige Verschwinden sich entfernender Gegenstände.* Dass die Spitzen der Masten am längsten sichtbar bleiben, spricht unzweifelhaft für eine kugelige Gestalt der Erde. Wäre die Erde eben, so müsste vielmehr der untere Theil eines Schiffes am längsten sichtbar bleiben, weil sich die Weite des deutlichen Sehens nach der Grösse des Gesichtswinkels richtet.

4) *Der frühere Auf- und Untergang der Gestirne, wenn wir nach Osten, und die entgegengesetzte Erscheinung, wenn wir nach Westen reisen.*

5) *Das Verschwinden südlicher Gestirne bei einer Reise nach Norden und die umgekehrte Erscheinung bei einer Reise nach Süden.*

6) *Die wirklich ausgeführten Erdumsegelungen.*

7) *Die Morgen- und Abendämmerungen.* Die Dauer der Dämmerung ist nicht für alle Orte der Erdoberfläche dieselbe.

8) *Die Analogie der übrigen Planeten.* Astronomische Untersuchungen haben ergeben, dass die Erde im Allgemeinen ganz analoge Erscheinungen zeigt und analogen Gesetzen folgt, als die vorher mit dem Namen Planeten bezeichneten Gestirne. Die Kugelgestalt dieser ist aber deshalb unzweifelhaft, weil dieselben bei der an Flecken auf der Oberfläche erkennbaren Rotation stets scheibenförmig erscheinen. Der Schluss liegt deshalb nahe, dass die Erde ebenfalls eine kugelige Gestalt habe.

9) *Der kreisförmige Erdschatten im Monde.* Nur die (senkrechte) Projection einer Kugel ist unter allen Umständen ein Kreis. (Freilich ist der Schatten im Monde kein vollständiger Kreis, sondern nur ein Stück desselben.)

10) *Bogenmessungen am Himmel und gleichzeitige Messungen auf der Erde.* Das Abmessen gleicher Strecken auf verschiedenen Punkten der Erde ergab im Allgemeinen immer Bögen von gleicher Anzahl Grade (s. 4. Kap. 2.).

11) *Das Gesetz der Attraction materieller Theilchen.* Die Schichtungen der Erde beweisen schon, dass sich die Erde, wenn auch nicht gerade in einem chaotisch aufgelösten, doch in einem weniger consistenten Zustande befunden hat. Die Attraction der einzelnen Theilchen musste nun die Kugel-

gestalt bewirken, da die Kugel derjenige Körper ist, der bei kleinstmöglicher Oberfläche den grösstmöglichen Inhalt hat.

Schlussbemerkung. Fassen wir alle genannten Thatsachen einzeln ins Auge, so machen sie freilich die Kugelgestalt der Erde noch nicht mathematisch gewiss, doch geben sie in ihrer Gesammtheit eine Wahrscheinlichkeit, die nichts zu wünschen übrig lässt. Der beste Beweis dürfte wohl aber gewiss die Thatsache sein, dass alle aus der Annahme, die Erde habe eine Kugelgestalt, gezogenen Schlussfolgerungen sich stets mit der Wirklichkeit übereinstimmend zeigten. Später werden wir noch andere dafür sprechende Thatsachen kennen lernen. Die auf der Erde sich vorfindenden Berge stossen jene Annahme ebensowenig um, als ein auf einer Kugel von mehreren Fussen Durchmesser liegender Staub dieser die Kugelgestalt benimmt.

Drittes Kapitel.

Astronomische Abtheilung der Erd- und Himmelskugel.

I. In Beziehung auf den Horizont.

1) Gehen wir jetzt von der Voraussetzung aus, dass die Erde eine wirkliche Kugel sei und betrachten wir auch das Himmelsgewölbe, wie es in der That den Anschein hat, als die innere Seite einer Kugeloberfläche, deren zugehörige Kugel ebenfalls den Erdmittelpunkt zum Mittelpunkte hat, so schneidet jede Ebene, welche man durch die Erde gelegt denkt, die Erde sowohl, als die Himmelskugel in einem Kreise, welcher für beide Kugeln ein grösster oder ein kleinerer ist, je nachdem die schneidende Ebene durch den gemeinschaftlichen Mittelpunkt beider Kugeln geht oder nicht.

2) Da die Gestirne von jedem Punkte der Erdoberfläche nicht bloss in unveränderter Grösse und Helligkeit, sondern auch in stets unveränderter Stellung erscheinen, so lässt sich

daraus schliessen, dass alle terrestrischen Entfernungen gegen die Entfernung der Gestirne gar nicht in Betracht kommen und wir können deshalb auch jeden Punkt auf der Erdoberfläche als Centrum der Himmelskugel betrachten.

3) Für jeden Punkt der Erdoberfläche heisst die an denselben gelegte Tangirungsebene der *scheinbare Horizont* jenes Ortes. Die diesem parallel gedachte grösste Kreisfläche der Erd- und Himmelskugel heisst dagegen der *mathematische* (wahre) *Horizont*. Für die Fixsterne sind beide um den Erdradius abstehende Horizonte als zusammenfallend zu betrachten, da gegen die unermessliche Entfernung derselben jener Abstand nicht in Betracht kommt. Dem Horizonte parallele kleinere Kreise heissen *Höhenkreise* oder *Almukantharats.*

4) Der Punkt, in welchem ein an den Standpunkt des Beobachters gezogener und über dessen Scheitel verlängerter Erdradius das Himmelsgewölbe trifft, heisst das *Zenith* jenes Standpunkts. Der diametral entgegengesetzte Punkt am Himmelsgewölbe heisst das *Nadir* desselben. Die Verbindungslinie beider Punkte heisst die *Scheitellinie (Verticallinie).*

5) Das Auge eines Beobachters auf der Erdoberfläche übersieht von derselben eine Calotte, welche begrenzt wird durch die Kreislinie, welche der Ort der Berührungspunkte der vom Auge nach der Erde gezogenen Tangenten ist.

a) Ist h die Höhe des Auges über der Erdoberfläche, r der Erdradius und bezeichnet k den Flächeninhalt der Calotte, so ist:

$$k = \frac{2r^2h\pi}{r+h}.$$

b) Bezeichnet t die vom Auge nach der Erde gezogene Tangente oder die Gesichtsweite, so ist:

$$t = \sqrt{h(h+2r)}.$$

Gesichtsweiten von den wichtigsten Gebirgshöhen.

	Höhe.	Meilen.		Höhe.	Meilen.
Die Alpen.			Mont Pelvoux	13000′	29,9
Col di Tenta	8500′	24,7	Mt. Genèvre	11000′	28
Monte Viso	13000′	29,9	Mt. Cenis	11000′	28

	Höhe.	Meilen.
Mt. Ventoux	6500′	21,5
Mt. Iseran	12000′	29,3
Kl. St. Bernhardt	7000′	22,4
Mt. Blanc	14800′	32,5
Dent d'Herrans	12070′	30,1
Gr. St. Bernhardt	10000′	26,7
Combin	13250′	30,8
Monte Rosa	14000′	31,6
St. Gotthardt	9000′	25,4
Dreiherrnspitze	10000′	26,7
Septimer	7000′	22,4
Julier	7000′	22,4
Bernina	7000′	22,4
Brenner	6500′	21,5
Ortles	12000′	29,3
Terglou	10000′	26,7
Gr. Glockner	11500′	28,7
Wazmann	9000′	25,4
Schneeberg	6000′	21,2
Finsteraarhorn	13000′	29,9
Jungfrau	13000′	29,9
Wetterhorn	11500′	28,7
Schreckhorn	12500′	29,5
Dödi	10000′	26,7
Rigi-Kulm	6000′	21,2
Crispalt	10000′	26,7
Hohe Säntis	8000′	23,9
Hochvogel	9000′	25,4
Dachstein	9000′	25,4
Schafberg	5000′	18,9

Der Jura.

Molesson	6000′	21,2
Dole	5000′	18,9

Der Schwarzwald.

Feldberg	4000′	16,9
Belchen	4000′	16,9

Der Odenwald.

Katzenbuckel	2000′	11,9
Melibocus	1500′	10,3

Vogesen.

Wälscher Belchen	3800′	16,5
Sulzer Belchen	4000′	16,9
Kalmuck (im Haardt)	2000′	11,9

Das Pfälzer Gebirge.

	Höhe.	Meilen.
Donnersberg	2500′	13,4
Königsstuhl	2000′	11,9

Das Rheinische Schiefergebirge.

Gr. Feldberg	2600′	13,6
Drachenfels	1700′	11,1
Ederkopf	2500′	13,4
Rolandseck	1800′	11,3

Das Fichtelgebirge.

Schneeberg	3000′	14,6
Ochsenkopf	3000′	14,6
Kössein	3000′	14,6

Rhön.

Heil. Kreuzberg	3000′	14,6
Vogelsberg	2000′	11,9

Thüringer Wald.

Berberg	3000′	14,6
Schneekopf	3000′	14,6
Inselberg	3000′	14,6

Harz.

Brocken	3500′	15,8
Meissner	2000′	11,9

Weser-Gebirge.

Köterberg	1500′	10,3

Erzgebirge.

Keilberg	4000′	16,9
Fichtelberg	4000′	16,9

Mittelgebirge.

Milischauer	2500′	13,4

Elbsandsteingebirge.

Tafelberg	3500′	15,8
Kl. Winterberg	2000′	11,9

Isargebirge.

Tafelfichte	3500′	15,8

	Höhe.	Meilen.
Reifträger	3800′	16,5
Gr. Rad	4500′	17,9
Gr. Sturmhaube	4500′	17,9
Seifenberg	5000′	18,9
Riesenkoppe	5000′	18,9

Glatzer Gebirgsland.

Heuscheuer	3000′	14,9
Schneeberg	4000′	16,9

Mährisches Gesenke.

Altvater	4500′	17,9
Zobt (in Schlesien)	2000′	11,9

Böhmer-Wald.

Ossa	4000′	16,9
Arber	4000′	16,9
Rachel	4000′	16,9
Dreisessel	3000′	14,6

Tatra-Gebirge.

Krivan	8000′	23,9
Lomnitzer Spitze	8000′	23,9
Gerlsdorfer Spitze	8000′	23,9

Frankreich.

Puy de Dome	6000′	21,2
Mont d'or	6000′	21,2
Cantal	6000′	21,2

Pyrenäische Halbinsel.

Maladetta	11000′	28
Mont Perdu	11000′	28
Cumbre del Mulhacem	11000′	28

Italien.

Gran Sasso d'Italia	9000′	25,4
Monte Gargano	4000′	16,9
Vesuv	3500′	15,8

Sicilien.

Aetna oder Monte Gibello	10000′	26,7

Türkisch-Griechische Halbinsel.

	Höhe.	Meilen.
Olymp	6000′	21,2
[illegible]	6000′	21,2
Ida	7000′	22,4
Parnassus	7000′	22,4
Hymettus	3000′	14,6
Taygetus	7000′	22,4

Grossbritannien und Irland.

Snowdon	3000′	14,6
Ben Nevis	4000′	16,9

Island.

Hekla	4300′	17,5
Sceptar Jökul	4500′	17,9

Scandinavische Halbinsel.

Sulitelma	6000′	21,2
Sneehättan	7000′	22,4
Skagestöl Tind	7600′	23,3

Afrika.

Tafelberg	3200′	15,1
Pic v. Teneriffa	12000′	29,3
Dianen-Pic	2600′	13,8
Atlas	12000′	29,3

Amerika.

Chimboraço	23000′	40,6
Popoca Tepetl	17000′	34,9
St. Elias-Berg	17000′	34,9
Cotopaxi	17000′	34,9
Descabezado	20000′	37,8

Asien.

Vladi Kaukas	15000′	32,7
Elbrus	17000′	34,9
Dhawalagiri	27000′	44,1
Mount Everett	29000′	45,6
Gr. Ararat	16000′	33,8
Kl. Ararat	12000′	29,3
Arghi Dagh	13000′	30,5
Hermon (Dechebel el Scheik)	10000′	26,7
Tabor	9000′	25,4
Libanon	9000′	25,4
Carmel	1500′	10,3
Sinai	5500′	19,8
Horeb	9000′	25,4

6) Der Neigungswinkel einer Tangente vom Auge nach der Erde gegen die durchs Auge gelegte Horizontalebene heisst die *Depression* des natürlichen Horizonts oder die *Kimmtiefe. Die Depression wird gemessen durch den sphärischen Radius der vom Auge überschauten Kugelcalotte oder vom Halbmesser des Gesichtskreises.*

Ist r der Erdradius, ϱ die Depression, h die Höhe des Auges, so ist:

$$\cos\varrho = \frac{r}{r+h}, \quad \sin\tfrac{1}{2}\varrho = \tfrac{1}{2}\sqrt{\frac{2h}{r+h}},$$

und da ϱ sehr klein ist, so kann man den Bogen $\frac{1}{2}\varrho$ seinem Sinus gleich setzen und erhält dadurch

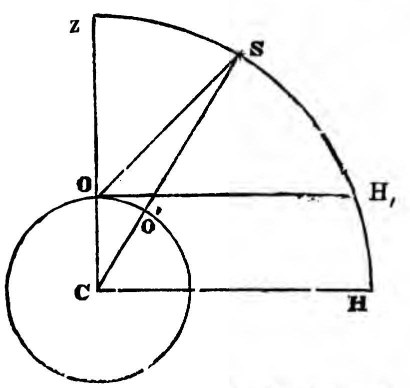
$$\varrho = \sqrt{\frac{2h}{r+h}} \text{ in Theilen des Erdradius,}$$

$$= \sqrt{\frac{2h}{r+h}} \cdot \frac{1}{\sin 1''} \text{ in Bogensecunde.}$$

7) Jeder durch die Scheitellinie eines Punkts gelegte und also auf dem Horizonte senkrechte grösste Kreis heisst ein *Scheitelkreis* oder *Vertikalkreis.*

8) Der Bogen eines durch den Stern gehenden Vertikalkreises zwischen dem Sterne und dem Horizonte heisst die *Höhe* des Gestirns. *Wahre Höhe, scheinbare Höhe;* für die Fixsterne gleichgültig. Der Bogen vom Sterne bis zum Zenith heisst dessen *Zenithdistans (Zenithabstand).*

Fig. 1.



Ist S (Fig. 1.) der Stern, so ist ZOS die scheinbare, ZCS die wahre Zenithdistans, SH die wahre, SH' die scheinbare Höhe. Höhe + Zenithdistans $= 90^0$.

9) Der durch den Süd- und Nordpunkt gehende Vertikalkreis heisst der *Meridian.* Der auf dem Meridian senkrechte Vertikalkreis wird als der *erste* bezeichnet. Der Neigun-

winkel, welchen derselbe mit einem durch ein Gestirn gehenden Vertikalkreis macht, heisst das *Azimuth* des Gestirns; dasselbe wird gemessen auf dem Horizonte, oder einem Höhenkreise, oder am Zenith.

Der Winkel, den die Gesichtslinie OS (Fig. 1.) mit der Verbindungslinie CS des Gestirns und des Erdmittelpunkts macht, heisst die *Höhenparallaxe* des Gestirns. (Die Parallaxe ergänzt die wahre Zenithdistans zur scheinbaren.) OSC = Parallaxe. Fixsterne zeigen keine Parallaxe. Ist $z' = ZOS$ die scheinbare, $z = ZCS$ die wahre Zenithdistans, $p = OSC$ die Parallaxe, $d = CS$ der geocentrische Abstand des Gestirns, so hat man

$$\sin p = \frac{r}{d} \cdot \sin z'.$$

Befindet sich S im scheinbaren Horizonte, so ist $z' = 90^0$, und wir haben

$$\sin P = \frac{r}{d},$$

wo P die Parallaxe für diesen Fall oder die sogenannte *Horizontalparallaxe* bezeichnet. Setzen wir diesen Werth oben ein, so haben wir

$$\sin p = \sin P . \sin z'.$$

Da die Parallaxen sehr kleine Winkel sind, so darf man

$$p = P . \sin z' \text{ und also}$$
$$z = z' - P \sin z'$$

setzen. Es geht hieraus hervor, dass man, um die wahre Zenithdistans und die Höhenparallaxe zu finden, nur die scheinbare Zenithdistans zu messen und die Horizontparallaxe zu beobachten braucht. (Wie letzteres geschieht, wird im achten Kapitel gelehrt werden.)

II. In Beziehung auf den Aequator.

1) Wir haben schon im ersten Kapitel den Aequator kennen gelernt. Jetzt können wir ihn als einen grössten Kreis bezeichnen, der auf der Weltaxe senkrecht steht. (*Erd-* und *Himmelsäquator. Nördliche* und *südliche Erd-* und *Himmels-Hemisphäre.*)

2) Wir lernten auch bereits schon den Ost- und Westpunkt kennen. Jetzt können wir diese bezeichnen als die Durchschnitte des Horizonts mit dem Aequator.

3) Dass die Sonne ausser der allen Gestirnen eigenthümlichen Bewegung um die Weltaxe noch eine andere haben müsse, wurde ebenfalls schon im ersten Kapitel klar. Die ihr allein eigenthümliche Bahn heisst die *Ekliptik*.

4) In Verbindung mit dem Frühern können wir jetzt den Schluss ziehen, dass die Sonne sich am 21. März und am 23. September im Aequator, sonst aber ausserhalb desselben befindet. Die Durchschnittspunkte der Ekliptik mit dem Aequator heissen *Aequinoctial-* oder *Nachtgleichenpunkte, Frühlingspunkt, Herbstpunkt.*

5) Es wird sich später ergeben, dass die Ekliptik eine sich in einer Ebene befindende Curve ist. Die Neigung dieser Ebene gegen den Aequator heisst die *Ekliptik-Schiefe.* Man hat dieselbe ziemlich genau $23\frac{1}{2}^{0}$. Wegen der *Nutation*, von welcher später (fünftes Kapitel, Abschn. IV.) die Rede sein wird, bleibt dieselbe nicht ganz constant. So war sie beispielsweise Anfang 1865 = $23^{0}\,27'\,16'',4$, dagegen Ende desselben Jahres $23^{0}\,27'\,14'',5$.

6) Die beiden Punkte der Ekliptik, in denen die Sonne die grösste Entfernung vom Aequator hat und die um 90^{0} von den Nachtgleichenpunkten abstehen, heissen die *Sonnenwendepunkte, Solstitialpunkte (Sommer-* und *Wintersolstitium).* Wir können jetzt aus dem Früheren den Schluss ziehen, dass sich die Sonne am 21. (22.) Juni und am 21. (22.) December in den Sonnenwendepunkten befindet.

7) Die *Aequinoctial-* und *Solstitialpunkte* theilen die Ekliptik in vier gleiche Theile. Theilt man jeden dieser 4 Bögen wieder in 3 gleiche Theile, so erhält man die sogenannten 12 *himmlischen Zeichen*, die nach den Sternbildern, die früher (vor etwa 2200 Jahren) darin standen, benannt werden.*) Vom Frühlingspunkte aus gerechnet haben wir die sechs nördlichen: *Widder* (♈), *Stier* (♉), *Zwillinge* (♊), *Krebs* (♋), *Löwe* (♌), *Jungfrau* (♍); und in derselben Richtung die

*) Um diese Sternbilder in der angegebenen Ordnung besser behalten zu können, hat man sie in folgende Verse gebracht:

Sunt Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo,
Libraque, Scorpius, Arcitenens, Caper, Amphora, Pisces.

sechs südlichen: *Wage* (♎), *Scorpion* (♏), *Schütze* (♐), *Steinbock* (♑), *Wassermann* (♒), *Fische* (♓). Die genannten Sternbilder bilden den sogenannten *Thierkreis*, *Zodiakus*. (Den Grund für den veränderten Stand der Aequinoctien gegen die himmlischen Zeichen werden wir später erfahren.)

8) Der durch die Nachtgleichenpunkte und die Pole gehende grösste Kreis heisst der *Kolur* der *Nachtgleichen*, der durch die Sonnenwenden und die Pole gehende dagegen der *Kolur* der *Sonnenwenden*.

9) Die dem Aequator parallelen kleineren Kreise heissen *Parallelkreise*.

10) Die durch die Sonnenwenden gehenden Parallelkreise heissen *Wendekreise des Himmels*, und zwar der nördliche: *Wendekreis des Krebses*, der südliche: *Wendekreis des Steinbocks*.

11) Betrachten wir diese Kreise als Grundflächen und den Erdmittelpunkt als Spitze zweier Kegel, so werden diese Kegelmäntel die Erdoberfläche in Kreisen schneiden müssen Man nennt diese Kreise *Wendekreise der Erde*.

12) Jeder durch die Weltaxe gehende Kreis heisst ein *Declinationskreis*.

13) Der durch das Zenith eines Standpunktes gehende Declinationskreis heisst der *Meridian (Himmelsmeridian)* des Orts. Wir begreifen leicht, dass der Meridian den Horizont in der Mittagslinie schneidet, ferner, dass die Gestirne beim Eintritt in den Meridian ihre grösste und kleinste Höhe erreichen oder *culminiren*. *(Obere, untere Culmination.)*

14) Der Neigungswinkel eines durch einen Stern gehenden Declinationskreises gegen den Meridian heisst der *Stundenwinkel* des Gestirns.

Ist s der Stundenwinkel eines Sterns, so findet man die Zeit, nach welcher letzterer culminirt, durch die Proportion

$$360 : s = 24 : x.$$

Die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Culminationen eines Fixsterns ist nahezu 23 St. 56 Min. und heisst ein *Sterntag (Sternzeit)*. Die Sonne culminirt nach 24 Stunden.

[Bestimmung der Mittagszeit durch den Stundenwinkel der Sonne. Regulirung der Uhren.]

15) Das Bogenstück des Meridians zwischen einem Pole und dem Horizonte heisst die *Polhöhe* des Horizonts. (Von der Bestimmung derselben wird nachher die Rede sein.)

16) Das Bogenstück eines durch ein Gestirn gehenden Declinationskreises zwischen dem Stern und dem Aequator heisst die *Declination* (Abweichung) des Gestirns.

Es wird jetzt einleuchten, dass die *Declination der Sonne zur Zeit der Sonnenwenden gleich der Ekliptikschiefe* ist.

17) Die Ergänzung der Declination zu 90°, oder das Bogenstück zwischen dem Sterne und dem Pole heisst die *Poldistans*, der *Polabstand*.

18) Man betrachtet den durch den Frühlingspunkt gehenden Declinationskreis als den ersten und nennt den Neigungswinkel eines durch einen Stern gehenden gegen den ersten, oder, was dasselbe ausdrückt, den zwischen beiden Kreisen liegenden Bogen des Aequators die *Rectascension* (gerade Aufsteigung) des Sterns. Die Rectascension und Declination werden durch Beobachtung mittelst des sogenannten *Passage-Instruments* und eines im Meridian aufgestellten Höhenkreises (Meridiankreis) gefunden. (Die Declination eines Sterns ist nämlich gleich der Differenz zwischen der Culminationshöhe des Sterns und der des Aequators.)

19) Die Durchschnitte der Declinationskreise auf der Erdoberfläche heissen *Erdmeridiane*.

20) Den 20° westlich von der Pariser Sternwarte gelegenen, nahe an der Insel *Ferro* vorbeigehenden, bezeichnet man gemeiniglich als den ersten.

21) Das Bogenstück auf dem Aequator oder einem dem Aequator parallelen Kreise *(Parallelkreise)* zwischen dem ersten Meridian und dem durch einen Ort auf der Erde gehenden heisst die *geographische Länge* dieses Orts. *(Westliche, östliche Länge.)*

22) Das Bogenstück des Meridians selber zwischen dem Orte und dem Aequator heisst die *geographische Breite* des Orts. *(Nördliche, südliche Breite.)*

23) Mit einer Uhr, welche 1 bis 24 Stunden zeigt und nach dem ersten Meridiane richtig d. h. so gestellt ist, dass sie auf 24 zeigt, wenn die Sonne im ersten Meridiane cul-

minirt, kann man die geographische Länge eines beliebigen Orts auf der Erde bestimmen. Zeigt nämlich diese Uhr an irgend einem andern Orte u Stunden mehr, so findet man die Länge des Orts durch folgende Proportion:

$$24 : u = 360^0 : x^0,$$

und zwar würde der Ort östlich von Ferro liegen und also eine östliche Länge haben. Zeigte die Uhr so viel Stunden weniger, so würde der Ort dieselbe aber westliche Länge haben.

24) Anderweite Mittel zur Bestimmung der Längenunterschiede zweier Orte sind:

a) *gleichzeitige Signale* (Leuchtkugeln, Raketen);

b) *die Mondfinsternisse;*

c) *die Verfinsterungen der Jupiterstrabanten;*

d) *der Durchgang der untern Planeten durch die Sonne;*

e) *Fixsternbedeckungen durch den Mond.*

25) *Die Breite eines Ortes ist, wie sich sofort ergiebt, gleich der Polhöhe seines Horizonts.*

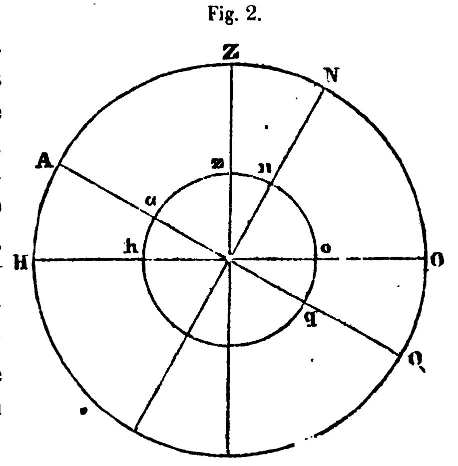


Fig. 2.

Es sei nämlich (Fig. 2.) der kleinere Kreis die Erd-, der grössere die Himmelskugel, AQ, aq bezüglich Himmels- und Erdäquator, HO der Horizont des Orts z; Z sein Zenith, N der Nordpol, so ist az die Breite des Orts z und NO die Polhöhe seines Horizonts. Nun ist aber

$$az + zn = NO + zn = 90^0, \text{ folglich}$$
$$az = NO.$$

26) a) ***Die Polhöhe eines Orts ist gleich dem arithmetischen Mittel der Höhen eines Circumpolarsterns zur Zeit seiner obern und untern Culmination.***

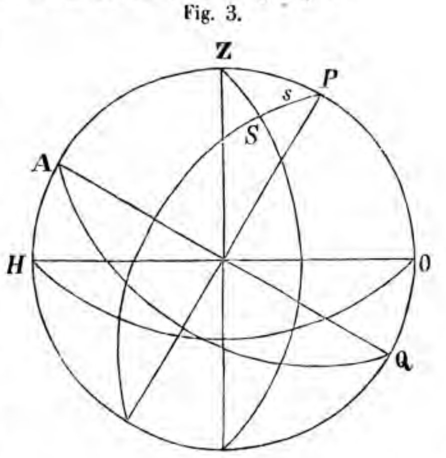
b) *Bezeichnet man durch h, δ und s bezüglich die Höhe, die Declination und den Stundenwinkel eines Sternes, und ist φ die Polhöhe für den Horizont des Beobachters, so findet zwischen diesen verschiedenen Grössen folgende Relation Statt:*

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s.$$

Im Dreieck Zenith-Pol-Stern (ZPS Fig. 3.) ist

$ZS = 90^0 - h$,
$SP = 90^0 - \delta$,
$ZP = 90^0 - \varphi$
und $ZPS = s$,
mithin (sphär. Trig. §. 164.)
$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s$,
wie oben behauptet wurde.

Fig. 3.



c) *Bezeichnen h und δ bezüglich die Höhe und die Declination eines Sterns zur Zeit seiner Culmination, so findet zwischen diesen Grössen und der Polhöhe φ folgende Relation Statt:*

$$\varphi = 90^0 - h + \delta.$$

Im Momente der Culmination eines Sternes ist dessen Stundenwinkel $s = 0$, also $\cos s = 1$ und mithin

$$\sin h = \cos(\varphi - \delta),$$
$$\text{also } \varphi = 90^0 - h + \delta,$$

wie behauptet wurde.

d) Bewegt sich das Gestirn im Aequator, wie z. B. die Sonne am 21. März und 23. September, so ist $\delta = 0$ und also

$$\varphi = 90^0 - h.$$

27). *Die Aequatorhöhe und die Ekliptikschiefe erhält man durch die Beobachtung der Culminationshöhen der Sonne im Sommer- und Wintersolstitium. Die halbe Summe beider ist nämlich die Aequatorhöhe und die halbe Differenz die Ekliptikschiefe.*

Da nach 16) im Sommersolstitium $\delta = \varepsilon$ und im Wintersolstitium $\delta = -\varepsilon$ (wo ε die Ekliptikschiefe bezeichnet), ferner der Stundenwinkel s der Sonne bei der Culmination $= 0$ ist, so hat man, wenn h die Culminationshöhe der Sonne im Sommersolstitium bezeichnet, (nach 26. b.)

$$\begin{aligned} \sin h &= \sin\varphi \sin\varepsilon + \cos\varphi \cos\varepsilon \\ &= \cos(\varphi - \varepsilon) \\ &= \sin(90^0 - \varphi + \varepsilon), \end{aligned}$$

$$\text{mithin } h = 90^0 - \varphi + \varepsilon \;\ldots\ldots\; (1.)$$

Bezeichnet hingegen h' die Culminationshöhe der Sonne im Wintersolstitium, so ist

$$\begin{aligned} \sin h' &= \sin\varphi \sin(-\varepsilon) + \cos\varphi \cos(-\varepsilon) \\ &= -\sin\varphi \sin\varepsilon + \cos\varphi \cos\varepsilon \\ &= \cos(\varphi + \varepsilon), \\ &= \sin(90^0 - \varphi - \varepsilon), \end{aligned}$$

$$\text{folglich } h' = 90^0 - \varphi - \varepsilon \;\ldots\ldots\ldots\; (2.)$$

Die Addition von (1.) und (2.) giebt

$$\frac{h+h'}{2} = 90_0 - \varphi = \text{Aequatorhöhe};$$

die Subtraktion hingegen

$$\frac{h-h'}{2} = \varepsilon = \text{Ekliptikschiefe}.$$

28) Sind l und l' die Längen, b und b' die Breiten zweier Orte auf der Erde, so findet man ihren Abstand d in Graden durch die Formel:

$$\cos d = \sin b \sin b' + \cos b \cos b' \cos(l - l').$$

29) Die Parallelkreise werden nach den Polen zu immer kleiner und zwar verhalten sich ihre Radien wie die Cosinusse ihrer Breiten:

$$r : r' = \cos b : \cos b'.$$

Geographische Längen (nach Ferro) und Breiten einiger wichtigen Städte.

Namen der Städte.	Länge.	nördliche Breite.	Dauer des längsten Tages.
Amsterdam	22°32′30″	52°22′17″	16,57 Std.
Alexandria	47 35 —	31 13 5	14,32
Berlin	31 3 19	52 31 15	16,60
[illegible]eslau	34 42 3	51 6 30	16,34

Namen der Städte.	Länge.	nördliche Breite.	Dauer des längsten Tages.
Brüssel	22° 2′ —″	50°50′59″	16,29 Std.
Cario	48 58 —	30 3 21	13,94
Calcutta	106 9 30	22 34 15	13,38
Cap d. g. Hoffn.	36 2 45	33 55 42 s. Br.	14,24
Copenhagen	30 14 —	55 40 53	17,26
Dorpat	44 23 30	58 22 43	17,98
Dresden	31 22 45	51 2 50	16,33
Dublin	11 19 15	53 23 13	16,76
Erfurt	28 42 15	50 58 45	16,31
Florenz	28 55 30	43 46 41	15,27
Frankfurt a/M.	26 21 —	50 6 43	16,17
Greenwich	17 39 36	51 28 39,5	16,43
Greifswalde	31 13 —	54 4 35	16,91
Halle a/S.	29 37 45	51 30 34	16,41
Jerusalem	53 — —	31 47 47	14,08
Leipzig	30 1 30	51 20 16	16,38
London	17 34 13	51 30 49	16,41
Madrid	13 52 30	40 24 57	14,89
Magdeburg	29 8 45	52 8 4	16,52
Moskau	55 12 45	55 45 45	17,28
München	29 14 5	48 8 20	15,99
Nürnberg	28 44 —	49 26 55	16,06
Padua	29 31 15	45 24 2	15,49
Paris	20 — —	48 50 14	15,97
Pecking	143 7 30	39 54 13	14,83
Petersburg	47 58 30	59 56 23	18,47
Philadelphia	302 28 15	39 56 55	14,84
Prag	32 5 —	50 5 18	16,17
Quito	298 54 30	0 13 17 s. Br.	12,01
Rom	40 9 30	41 53 54	15,06
Smyrna	44 46 30	38 28 7	14,69
Stockholm	35 43 15	59 20 31	18,28
Stuttgart	26 50 45	48 46 15	15,95
Triest	31 26 45	45 38 8	15,47
Upsala	35 18 —	59 51 50	18,45
Utrecht	22 47 —	52 5 31	16,52
Venedig	30 0 46	45 25 53	15,49
Warschau	38 42 30	52 14 28	16,54
Weimar	29 0 45	50 59 12	16,32
Wien	34 2 36	48 12 35	15,91
Zürich	26 11 15	47 22 33	15,75

30) *Nebenbewohner* (*περίοικοι*) sind solche, welche denselben Parallelkreis bewohnen, deren Länge aber um 180°

verschieden ist. Sie haben gleiche geographische Breite, gleiche Jahreszeiten, jedoch entgegengesetzte Tageszeiten.

31) *Gegenwohner* (*ἄντοικοι*) sind diejenigen, welche sich in demselben Meridiane, aber in entgegengesetzten Parallelkreisen befinden. Sie haben gleiche geographische Längen, dieselben Tageszeiten, aber entgegengesetzte Jahreszeiten.

32) *Gegenfüssler* (*ἀντίποδες*) sind diejenigen, welche sich zu beiden Seiten eines Erddurchmessers befinden. Ihre Längen und Breiten sind also um 180° verschieden; sie haben sowohl Tages- als Jahreszeiten entgegengesetzt.

III. In Beziehung auf die Ekliptik.

1) Denken wir uns im Mittelpunkte der Himmelskugel auf der Ekliptik ein Loth errichtet und bis zum Durchschnitte mit dem Himmelsgewölbe verlängert, so erhalten wir die *Pole der Ekliptik*. Der dem Nordpole der Weltaxe am nächsten liegende heisst der *Nordpol der Ekliptik*, der andere der *Südpol*.

2) *Der Abstand des Nordpols der Ekliptik vom Nordpol der Weltaxe ist gleich der Ekliptikschiefe.*

3) Die durch die Pole der Ekliptik gehenden Parallelkreise des Himmels und die entsprechenden (vergl. **II.** 11. dieses Kapitels) auf der Erde heissen *Polarkreise* bezüglich des Himmels und der Erde. *Nördlicher, südlicher Polarkreis.*

4) Die Polarkreise und Wendekreise der Erde theilen die Oberfläche derselben in bestimmte Theile. Der zwischen den Wendekreisen liegende Theil der Erdoberfläche heisst die *heisse* oder *tropische Zone*, zwischen dem Wendekreise und Polarkreise einer Halbkugelfläche liegt dessen *gemässigte Zone*, und die vom Polarkreise gebildete Kugelcalotte bildet die *kalte Zone* der Halbkugelfläche.

5) Die durch die Pole der Ekliptik gehenden grössten Kreise heissen *Breitenkreise des Himmels*. Das Stück eines solchen zwischen einem Stern und der Ekliptik heisst die *Breite des Gestirns*. Das Stück der Ekliptik hingegen zwischen dem Breitenkreise und dem Frühlingspunkte heisst die *Länge des Gestirns*.

6) Die Länge und Breite eines Gestirnes lässt sich aus dessen Rectascension und Declination berechnen, und umgekehrt diese aus jenen.

Viertes Kapitel.

Von der Grösse der Erde und ihrer Axendrehung.

I. Bestimmung der Grösse der Erde.

Die Oberfläche und der Kubikinhalt der Erde bestimmen sich durch stereometrische Rechnungen aus deren Radius. Der Radius würde gefunden werden können, wenn die Länge eines grössten Kreises, z. B. eines Meridians, bekannt wäre. Diese könnte aber gefunden werden, wenn man nur ein Bogenstück eines Meridians nach Graden und nach absoluter Länge auszumessen im Stande wäre. Dies wäre also unsere Aufgabe. Zu deren Lösung giebt es verschiedene Wege.

1) *Bestimmung des Erdgrades aus der Depression (Kimmtiefe) des Horizonts.*

Fig. 4.

H
A
X
H′
A′
C

a) Es seien A und A' (Fig. 4.) zwei über der Erdoberfläche erhabene Punkte, von A aus erscheine A' unter dem Depressionswinkel $H'AA' = d$, und A von A' aus unter dem Depressionswinkel $HA'A = d'$, so ist in dem Kreisvierecke $CAXA'$ $\angle C + \angle X = 180^0$, ebenso $d + d' + X = 180^0$, folglich

$$C = d + d'.$$

Ist der Abstand der Punkte A und A' bekannt und $= a$, so erhält man die absolute Länge von $1^0 = \frac{a}{C}$.

Hierbei ist aber noch der Einfluss der Strahlenbrechung (*Refraction* s. 8. Kap. IV.) in Betracht zu ziehen.

b) Ist für einen Beobachtungsort dessen Höhe $= h$ und die Depression des Horizonts $= \varrho$ bekannt, so war (3. Kap. I, 6.)

$$\cos\varrho = \frac{r}{r+h},$$

folglich der Erdradius $r = \frac{h\cos\varrho}{1-\cos\varrho}$.

c) Kennt man die Gesichtsweite t von einem Beobachtungsorte aus, dessen Höhe h bekannt ist, so war (3. Kap. I. 5.)

$$t^2 = h^2 + 2rh,$$

$$\text{also } r = \frac{t^2-h^2}{2h} = \frac{(t+h)\,(t-h)}{2h}.$$

Nimmt man die Höhe vom Pic auf Teneriffa $h = \frac{1}{2}$ Meile und die Gesichtsweite $t = 29$ Meilen, so hat man (annäherungsweise)

$$r = \frac{(29+0{,}5)\,(29-0{,}5)}{1}$$

$$= 29{,}5 . 28{,}5 = 840{,}75 \text{ Meilen.}$$

2) *Bestimmung des Erdgrades durch unmittelbare Messung.*

Der Winkel am Erdmittelpunkte, den die an zwei Punkte auf der Erdoberfläche gezogenen Radien einschliessen, wird bestimmt durch den Bogen zwischen den Zenithen beider Orte. Werden die Punkte nun in einem und demselben Meridiane gewählt, so ist der gesuchte Winkel C gleich der Summe oder dem Unterschiede der Zenithabstände eines und desselben Fixsterns zur Zeit seiner Culmination in jenem Meridiane. Ist a der Abstand beider Punkte, so ist wieder

$$\frac{a}{C} = 1^0.$$

Es handelt sich jetzt noch darum, wie dieser Abstand bestimmt werden kann.

3) *Bestimmung des Abstands zweier Punkte auf der Erdoberfläche mittelst der Triangulirmethode.*

Man wählt zwischen den beiden Punkten beliebig viele andere Punkte, betrachtet je drei als Spitzen von Dreiecken, dann hat man nur die Winkel dieser Dreiecke, sowie eine

zweckmässig gewählte Basis zu messen, und kann dann hieraus mit Hülfe der ebenen Trigonometrie durch successive Berechnung der einzelnen Dreiecke den gesuchten Abstand finden.*) (Zeigt sich ein Ueberschuss der Winkelsummen eines Dreicks über 180°, so wird dieser von den einzelnen Winkeln repartitionsweise in Abzug gebracht.)

4) *Die Erde ist an den Polen abgeplattet.*

Die an den verschiedenen Orten angestellten Messungen haben ergeben, dass ein Meridiangrad in der Nähe des Aequators kleiner ist, als in der Nähe der Pole. Man zog hieraus den Schluss, dass die Erde an den Polen abgeplattet, also keine wahre Kugel, sondern ein elliptisches Sphäroid sei. Auch Pendelversuche deuteten darauf. Ein Pendel schwingt nämlich in der Nähe der Pole rascher, als in der Nähe des Aequators. Im Folgenden werden wir die Abplattung noch als ein Resultat eines Gesetzes der Mechanik kennen lernen.

5) *Dimensionen des Erdsphäroids.*

Umfang des Aequators . . .	5400	geogr. Meilen.
Umfang eines Meridians . . .	5390,96	„ „
Durchmesser des Aequators .	1718,87	„ „
Länge der Erdaxe	1713,13	„ „
Abplattung . . . 1:299,153	= 0,003343	„ „
Excentricität	0,081697	„ „
Krümmungshalbmesser eines Meridians am Aequator . . .	853,70	„ „
Derselbe am Pol	862,32	„ „
Länge eines Grades des Aequators	15	„ „
„ „ Meridiangrades am Aequator	14,9	„ „
Länge eines Meridiankreises am Pol	15,05	„ „
Oberfläche des Erdsphäroids .	9261238	Quadrat-Meilen.
Flächeninhalt der heissen Zone	3679062	„ „
„ jeder gemässigten Zone	2403675	„ „
„ jeder kalten Zone	387413	„ „
Inhalt des Erdsphäroids	2650185000	Cubik-Meilen.

*) Vergl. meine Schrift: Grundzüge der Feldmesskunde etc. 3. Aufl.

Durchmesser einer Kugel, welche mit dem Erdsphäroid gleiche Oberfläche hat	1716,96 geogr. Meilen.
Durchmesser einer Kugel, welche mit dem Erdsphäroid gleichen Inhalt hat	1716,95 „ „

Anmerk. Die unbedeutende Differenz der beiden letzteren Werthe wird erst in späteren Decimalstellen sichtbar.

Länge der geogr. Meile = 7420,44 Meter.

II. Gründe für die Rotation der Erde.

Die Erscheinung der täglichen Bewegung sämmtlicher Gestirne in Kreisen um die Weltaxe würde ganz in derselben Weise vor unsern Blicken vorgehen, wenn wir das Himmelsgewölbe als ruhend betrachteten und der Erde eine Axendrehung zuschrieben. Welche Annahme von beiden nun die wahre ist, lässt sich im Allgemeinen nicht sagen. Für die erstere spricht der Augenschein, aber auch nur der Augenschein. Auf diesen aber allein eine Annahme zu gründen, wäre gewiss ebenso thöricht, als die Annahme, dass ein längs dem Ufer hinsegelndes Schiff still stehe und das Ufer sich bewege.

Für die Axendrehung der Erde sprechen nun folgende Gründe:

1) *Eine die Bewegung des Himmels bewirkende Centralkraft fehlt.*

Die bewegende Kraft der Gestirne müsste doch in der Weltaxe gesucht werden. Die verschiedene, zum Theil ungeheure Entfernung, die ungleiche Grösse der Gestirne, der Umstand, dass die am weitesten entfernten in derselben Zeit ihren Umlauf machen, als die näheren; alles dieses lässt die Annahme einer solchen Centralkraft unzulässig erscheinen. Zur Gewissheit wird die Annahme der Axendrehung der Erde aber

2) *durch die vorhandene Abplattung an den Polen.*

Folge der Schwungkraft (Centrifugalkraft). Pendelversuche unter verschiedenen Breiten. Gleichzeitiger Beweis für einen ehemaligen flüssigen Zustand der Erde.

3) *Die östliche Abweichung der aus bedeutenden Höhen fallenden Körper.*

Die Spitze eines Thurmes bewegt sich rascher als dessen unterer Theil; ein von oben herabfallender Stein behält aber noch unten die Geschwindigkeit der Spitze und eilt deshalb dem untern Theile des Thurmes voraus. (*Benzenberg's* Versuche im Innern des Michaelisthurms in Hamburg.)

4) *Die beständigen Ostwinde — Passatwinde — zwischen den Wendekreisen.*

Die warme Luft der tropischen Zone strömt in den höheren Luftregionen nach beiden Polen ab, kalte Luft strömt in den unteren Regionen von den Polen dem Aequator zu. Stände die Erde still, so würden unter den Wendekreisen beständig Winde bezüglich von Süden resp. Norden wehen. Die Winde kommen aber von Osten, warum? Die Erscheinung ist die entgegengesetzte wie in 3). Die zuströmende kalte Luft hat die schwächere Schwungkraft der Polargegenden, kommt mit dieser am Aequator an, und bleibt deshalb gegen letzteren, der rascher schwingt, westlich zurück. Deshalb östliche Luftströmung.

5) *Die Analogie der übrigen Planeten.*

Es wurde bereits bemerkt, dass deutlich wahrnehmbare Flecken auf den Planeten, welche am Rande verschwinden und nach bestimmter Zeit am entgegengesetzten Rande wieder zum Vorschein kommen, die Axendrehung der Planeten ausser allen Zweifel setzen.

Einen directen Beweis für die Axendrehung liefert

6) *Foucault's Versuch.* Wenn man in einem Punkte der Verlängerung der Erdaxe ein Pendel befestigte, so würde bei vorhandener Rotation der Erde und unter der vorläufigen Voraussetzung, dass der Aufhängepunkt des Pendels an der Axendrehung nicht Theil nähme, sondern absolut fest wäre, auch die Schwingungsebene des Pendels von jener Axendrehung unberührt bleiben. Dem Beobachter auf der Erde würde jedoch diese unbewegliche Schwingungsebene im Contraste gegen die Rotation der Erde als in einer Drehung um die Vertikale des Aufhängepunkts begriffen erscheinen und zwar würde die Drehung bei fortgesetzter Pendelschwingung

in 24 Stunden gerade 360° betragen. Lassen wir jetzt die Annahme fallen, dass der Aufhängepunkt des Pendels absolut fest wäre, lassen wir ihn vielmehr an der Axendrehung Theil nehmen, so würde gleichwohl bei einem einfachen, leicht drehbaren Pendelfaden, die ganze Erscheinung sich wegen der Trägheit der Masse in der aufgehängten Kugel wenig abändern.

Liegt nun die Vertikale des Aufhängepunkts nicht in der Erdaxe, so ändert sich die Erscheinung insofern wesentlich ab, als dieser Aufhängepunkt jetzt einen Parallelkreis beschreibt. Gleichwohl würde diese Drehung der Schwingungsebene noch Statt finden, jedoch mit um so grösserer Verzögerung, jemehr sich der Aufhängepunkt vom Pole entfernt und dem Aequator nähert. Ist er in die Ebene des Aequators selbst gekommen, so wird die Drehung offenbar Null werden. Zahlreich angestellte Versuche haben diese idealen Betrachtungen vollkommen bestätigt und die Thatsache geliefert, *dass die Drehung der Schwingungsebene gleich ist der Drehung der Erde in derselben Zeit multiplicirt mit dem Sinus der geographischen Breite.*

Der mathematische Nachweis dieser Thatsache ist nur mit Hülfe der höheren Analysis möglich.*) Durch die hierdurch nachgewiesene Drehung der Pendelschwingungsebene ist der Rückschluss auf eine vorhandene Axendrehung vollkommen gerechtfertigt.**)

---

*) S. *Foucault's* Versuch. Von Dr. *Garthe*, p. 55. Desgl. *Foucault's* Pendelversuch. Von Dr. *Schrader*.

**) Vor einiger Zeit machte eine Notiz, welche sich als ein neuer Beweis für den Umschwung der Erde ankündigte, die Runde durch verschiedene Zeitungen. Sie lautete:

„Man hat auf den Eisenbahnen, welche in ihrer Hauptrichtung von Süd nach Nord gelegen sind oder doch wenigstens merklich von Osten und Westen abweichen, die Wahrnehmung gemacht, dass die Locomotiven am häufigsten über das östliche Schienengeleise springen oder doch auffallend stärker gegen dies Geleise drücken, und dass dies Streben, die vorgeschriebene Bahn zu verlassen, um so sichtbarer hervortritt, je schneller die Züge bewegt werden und je weniger der betreffende Eisenbahnweg von der Meridian-Instanz abweicht. Dieses Phänomen wird durch den Umschwung der Erde von West nach Ost erklärt.“

Schlussfolgerung. Die Erde dreht sich demnach in 24 Stunden um eine feste Axe und zwar von Westen nach Osten, also in einer der scheinbaren Bewegung des Himmels entgegengesetzten Richtung. Die Punkte der Erdoberfläche beschreiben immer kleinere Kreise, je näher sie den Polen zu liegen. Die Pole sind die einzigen festen und unbeweglichen Punkte der Erdoberfläche. Für den Beobachter an den Polen geht kein Gestirn auf, keins unter, sie umkreisen ihn in Bahnen, welche seinem Horizonte parallel gehen.

„Als ich diese Notiz las, stiegen in mir Zweifel auf über die Richtigkeit oder doch über die Genauigkeit der behaupteten Beobachtung. Würde nämlich bei einem in nördlicher Richtung oder richtiger ausgedrückt: in der Richtung vom Aequator nach einem Pole gehenden Eisenbahnzuge ein Druck desselben gegen die östlichen Schienen bemerkt und sollte dieser Druck mit dem Umschwunge der Erde zusammenhängen, so müsste bei der Retourfahrt derselbe Druck gegen die westlichen Schienen ausgeübt werden, weil hier eine analoge Erscheinung, wie bei den Passatwinden Statt finden müsste. Die Maschine würde mit dem langsameren Umschwunge einer höheren Breite in einer rascher rotirenden niedern Breite ankommen und deshalb, wie der Passatwind westlich zurückbleiben, d. h. ein Bestreben zeigen, die westlichen Schienen zu überspringen. Bei einer Fahrt nach dem Pole zu würde selbstredend der umgekehrte Fall eintreten. Mein verehrter Freund, der Herr Director Dr. Schrader an der Realschule zu Halle, dem ich meine Zweifel mittheilte, trat denselben vollkommen bei und wies ausserdem durch nachfolgende Rechnung den geringen Einfluss der Erdrotation auf eine Locomotive nach.

Es sei r der Radius der Erde, β die geographische Breite, φ die Geschwindigkeit der Erdrotation, so ist die östliche Geschwindigkeit der nach Norden fahrenden Locomotive $r\varphi \cos\beta$. Ist v die Geschwindigkeit der Locomotive in ihrer eigenen Bewegung, so legt sie in der Zeit dt den Weg vdt zurück, der eine Vermehrung der geographischen Breite um $\frac{vdt}{r}$ bewirkt. Am Ende der Zeit dt ist also die östliche Geschwindigkeit nur noch

$$r\varphi \cos\left(\beta + \frac{vdt}{r}\right) = r\varphi \cos\beta - r\varphi \sin\beta \,.\, \frac{vdt}{r}.$$
$$= r\varphi \cos\beta - v\varphi \sin\beta \,.\, dt.$$

Die Differenz beider östlichen Bewegungen ist also $v\varphi \sin\beta \,.\, dt$, d. h. die Locomotive hat ein Bestreben, mit dieser Geschwindigkeit ihre Bahn nach Osten hin zu verlassen, sie würde also in der Zeit dt eine Abweichung von der Bahn um $v\varphi \sin\beta \,.\, dt^2$ erreichen, wenn sie nicht durch die Radkränze abgehalten würde. Bezeichnet man nun den sich in Folge davon ergebenden Druck gegen die östliche Schiene mit K und das Gewicht

Die Sonne allein geht für ihn auf und unter, jedoch bleibt sie ein halbes Jahr über, die andere Hälfte unter seinem Horizonte. Er hat ein halbes Jahr Tag und ein halbes Jahr Nacht. Die Erklärung dieser Erscheinung wird sich bald ergeben.

Jetzt wissen wir von der scheinbaren Sonnenbahn wenigstens so viel, dass sie in einer Ebene und zwar der eines grössten Kreises liegt (keine Curve von doppelter Krümmung ist). Ob es sich mit derselben nicht vielleicht ebenso verhält, wie mit den Bahnen der Sterne, dass sie nämlich blos *scheinbar* ist und die Erde sich vielmehr um die Sonne bewegt? — Die Beantwortung dieser Frage möge den Gegenstand des folgenden Kapitels bilden.

Fünftes Kapitel.

Von der jährlichen Bewegung der Erde um die Sonne.

I. Gründe für die Annahme derselben.

Ob sich die Erde um die Sonne bewegt, oder umgekehrt die Sonne um die Erde, das ist für die darauf bezüglichen

---

des Wagens mit P, so ist die hieraus resultirende Beschleunigung $\frac{K}{P}\cdot g$ und der Weg in der Zeit dt wäre nunmehr $\frac{1}{2}\,\frac{K}{P}\,gdt$.

Setzt man nun beide Wege einander gleich, so folgt

$$v\varphi \sin\beta = \frac{Kg}{2P} \text{ oder } K = \frac{2\,Pv\varphi \sin\beta}{g}$$

Hier ist $g = 31{,}25$, $\varphi = \frac{2\pi}{24.60.60}$; nimmt man $v = 30'$ und $\beta = 50^{o}$, so folgt

$$K = 0.000107\ P.$$

Ist die Maschine 600 Centner schwer, so ist

$$K = 6{,}42 \text{ Pfund.}$$

Ob ein gegen den Schwerpunkt einer Maschine gerichteten Seitendruck von c. $6\frac{1}{2}$ Pfund dieselbe zum Entgleisen bringen kann, ist eine Frage, deren Beantwortung den Eisenbahn-Technikern überlassen werden mag, die ich für meinen Theil aber bezweifele. Der Verfasser.

Erscheinungen gleichgültig. *Copernikus**) wies zuerst die Richtigkeit der ersteren Annahme nach. Für dieselbe spricht:

1) *Das Grössenverhältniss zwischen Erde und Sonne.* Man weiss bestimmt, dass die Sonne ungefähr $1\frac{1}{2}$ Millionen Mal so gross ist, als die Erde; sollte sich nun diese ungeheure Sonne um die kleine Erde drehen? Noch mehr Wahrscheinlichkeit gewinnt die erstere Annahme

2) *durch die Analogie der übrigen Planeten.* Am deutlichsten lässt sich die Bewegung um die Sonne an den beiden unteren Planeten *Merkur* und *Venus* beobachten. Ihr Durchgang durch die Sonne, ihr Verschwinden hinter derselben, ihre Lichtphasen, ihre verschiedene scheinbare Grösse zu verschiedenen Zeiten, alle diese Erscheinungen setzen die Bewegung dieser Planeten um die Sonne ausser allen Zweifel.

Einen neuen Beweis für die Bewegung der Erde um die Sonne lieferte *Bradley***) durch seine Entdeckung

3) *der Aberration des Lichtes der Fixsterne.* Bei genauerer Beobachtung, wie sie nur durch Fernröhre geschehen kann, findet man, dass ein Fixstern nicht an derselben Stelle bleibt, sondern einen kleinen Kreis (oder vielmehr eine kleine Ellipse) im Laufe eines Jahres um seinen wahren Ort zu beschreiben scheint. Diese Erscheinung fin-

---

*) *Nicolaus Copernikus* wurde am 19. Febr. 1473 zu Thorn an der Weichsel geboren, studirte daselbst Medicin, Mathematik und Astronomie, verfolgte dann seine astronomischen Studien noch in Bologna und lehrte von 1500 an in Rom Mathematik. Später kehrte er in sein Vaterland zurück und wurde Canonikus in Frauenburg. Er verfolgte trotzdem seine astronomischen Studien, die ihn zu der Annahme brachten, dass die Sonne der Mittelpunkt sei und die Erde sich wie die übrigen Planeten um erstere bewegen. Er starb am 11. Juni 1543 und wurde im Dom zu Frauenburg beigesetzt. Seine Werke sind: „*De orbium coelestium revolutionibus libri VI.*;" „*Astronomia instaurata*"; und „*De lateribus et angulis triangulorum.*"

**) *James Bradley*, ein ausgezeichneter astronomischer Beobachter, geb. zu Schiereborn in England im J. 1692, studirte in Oxford Theologie, wurde auch Prediger, wandte sich jedoch später der Astronomie zu und wurde auch 1721 Professor der Astronomie zu Oxford. Im J. 1727 entdeckte er die Aberration des Lichtes. 1741 wurde er königl. Astronom zu Greenwich und starb daselbst am 13. Juli 1762. Aus seinem Nachlasse gab *Horresby* die „*Astronomical observations made at the observatorium at Greenwich*" heraus.

det nur in der Bewegung der Erde um die Sonne zusammengehalten mit der Geschwindigkeit des Lichts (ermittelt von dem dänischen Astronomen *Olaf Römer*) ihre erschöpfende Erklärung.

Schlussbemerkung. Es giebt demnach keine Sonnenbahn, sondern eine Erdbahn; die Ekliptik ist nämlich diese Erdbahn. Dass sich der Standpunkt der Fixsterne gegen die Erde im Allgemeinen nicht ändert, findet seine Erklärung in der ungeheuren Entfernung der letzteren, gegen welche der Durchmesser der Erdbahn eine verschwindende Grösse ist.

II. Ist die Erdbahn ein Kreis?

Copernikus hielt die Erdbahn für einen Kreis, in dessen Mittelpunkte die Sonne stände. Dagegen sprechen folgende Gründe:

1) *Die scheinbare Grösse der Sonne (ihr Gesichtswinkel) ist zu verschiedenen Zeiten verschieden.* In der einen Hälfte des Jahres nehmen die Durchmesser der Sonne an Grösse zu, in der andern Hälfte wieder ab. Am 31. December ist der scheinbare Durchmesser der Sonne am grössten = 32′ 35″, am 1. Juli am kleinsten = 31′ 31″.

2) *Die scheinbare Bewegung der Sonne ist keine gleichmässige.* Wäre die Erdbahn ein Kreis, so müsste sich die Erde nach mechanischen Gesetzen gleichmässig um die Sonne bewegen, d. h. in gleichen Zeiten gleiche Strecken zurücklegen. Dasselbe müsste dann aber auch mit der scheinbaren Bewegung der Sonne der Fall sein. So ist es aber in der That nicht, denn ihre täglichen Bögen am Himmel werden bald grösser, bald kleiner. Hieraus folgt zugleich, dass die Sonne bei der schnelleren Bewegung der Erde näher stehen muss, als bei der langsameren.

Man könnte noch glauben, die Erdbahn sei ein Kreis, der die Sonne nicht in ihrem Mittelpunkte habe. Abgesehen davon, dass diese Annahme physikalischen Gesetzen entgegen ist (die bewegende Ursache müsste doch in der Sonne gesucht werden), so widerlegt sich diese Annahme auch

3) *durch die wirklich berechneten Entfernungen der Sonne von der Erde.*

III. Kepler'sche Gesetze.

*Johann Kepler**) wurde namentlich durch *Tycho de Brahe's***) genaue Beobachtungen der Marsbahn, welche eine stärker gestreckte Curve bildet, als die Bahnen der übrigen oberen Planeten, zunächst auf das erste seiner, eine neue Epoche der Astronomie begründenden, Gesetze geführt, nämlich:

1) *Die Erdbahn und überhaupt alle Planetenbahnen sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte die Sonne steht.* Perihelium *(Erdnähe)*, Aphelium *(Erdferne)*. Die *mittlere Entfernung* der Sonne ist die halbe Hauptaxe der Ekliptik. Die

---

*) *Johann Kepler* wurde zu Magstatt, einem Dorfe bei Weil im Würtembergischen, am 27. December 1571 geboren. Er studirte zu Tübingen unter ärmlichen Verhältnissen. 1593 übernahm er die Professur der Mathematik zu Grätz. Hier trat er bereits in Briefwechsel mit *Tycho de Brahe*. 1599 folgte er diesem nach Prag, um dessen Beobachtungen beizuwohnen. Durch *Brahe* kam *K.* zur Stelle eines kaiserlichen Mathematikus, wobei er gleichwol in Dürftigkeit leben musste. Elf Jahre später ging er als Professor der Mathematik an die Landesschule zu Linz, wo er 15 Jahre in ebenfalls dürftigen Verhältnissen blieb. Nachdem er hierauf 3 Jahre bei einem Privatmanne in Ulm zugebracht, ging er in Wallensteins Dienste, welcher ihn jedoch dadurch wieder von sich entfernte, dass er ihm eine Professur in Rostock verschaffte. Doch auch hier litt er Mangel und beschloss deshalb nach einem Jahre auf dem Reichstage zu Regensburg um Auszahlung seiner kaiserlichen Pension zu bitten. Aber kaum dort angelangt starb er in Folge der Anstrengungen seiner Reise am 5. November 1630. Noch bei seinen Lebzeiten erschien: „*Prodromus dissertationum cosmographicarum, continens mysterium cosmographicum.*“ In seinem Nachlasse fand man das Manuscript seines unsterblichen Werks: „*De stella Martis.*“

**) *Tycho de Brahe*, geb. zu Knutstorp in Schonen am 4. Dec. 1546, besuchte die Universität Kopenhagen. Er widmete sich gegen den Willen seiner Anverwandten der Astronomie, und konnte sich dieser erst vom Jahr 1565, wo ihm ein bedeutendes Vermögen zufiel, ungestört hingeben. Er ging nach Wittenberg, Rostock und dann nach Augsburg und genoss schon damals eines bedeutenden Rufes. Später belehnte ihn Friedrich II. im Jahre 1576 mit der jetzt schwedischen Insel Hven im Sunde und baute dort die prächtige Uranienburg. Hier bildete B. sein Planetensystem aus, was jedoch bald in Vergessenheit gerieth. Unter Christian VI., Friedrich's II. Nachfolger, fiel er in Ungnade, verliess das Vaterland und ging nach Prag in Kaiser Rudolph's Dienste, starb jedoch bald am 13. Octbr. 1601. Er hat zahlreiche astronomische Werke hinterlassen.

Excentricität der Ellipse ist sehr klein, denn wenn die kleine Axe = 1 gesetzt wird, so ist die grosse = 1,03416. Die grosse Axe der Ekliptik heisst die *Apsidenlinie.*

Das zweite Gesetz ist:

2) *Die Radienvectoren beschreiben in gleichen Zeiten gleiche Flächenräume.* Es sind demnach die Sectoren, welche von den Vectoren gebildet werden, den Zeiten proportional. Es ist mithin die Geschwindigkeit der Erde verschieden. Mit der grössten Geschwindigkeit beschreibt sie täglich einen Bogen von 1°,0104, mit der kleinsten einen Bogen von 0°,9534, und es entspricht ihrer mittleren Geschwindigkeit ein Bogen von 0°,9819. In einem Tage legt sie 346,836 Meilen, also in einer Sekunde ziemlich vier Meilen zurück.

Das dritte Gesetz ist:

3) *Die Quadrate der Umlaufszeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer mittleren Entfernungen von der Sonne.* Die Umlaufszeiten der Planeten lassen sich durch Beobachtung finden. Aus der Zeit, welche ein Planet braucht, um wieder zu denselben Fixsternen zurückzukehren, bei denen er schon früher einmal stand, kann man auf dessen *Umlaufszeit* schliessen. Hat man nun auch die mittlere Entfernung eines Planeten gefunden, so kann man durch Rechnung die mittlere Entfernung der übrigen finden.

4) Die mittleren Entfernungen der Planeten, Neptun ausgenommen, bilden nach dem Bode'schen Gesetze (Gesetz des Titius)*) in runden Summen eine merkwürdige Zahlenreihe. Bezeichnet man nämlich eine Strecke von 2 Millionen Meilen durch 1, so sind die mittleren Entfernungen bei

dem Merkur . .	4		=	8	Millionen	Meilen,
der Venus . . .	4+	3	=	14	„	„
der Erde . . .	4+	2 . 3	=	20	„	„

*) Die merkwürdige Progression der Planeten-Abstände ist weder eine Entdeckung des *Titius* (Tietz geb. zu Konitz in Westpreussen 2. Jan. 1729, gest. als Prof. d. Astronomie zu Wittenberg 16. Dec. 1796), noch *Bode's* (geb. zu Hamburg 19. Jan. 1747, gest. als Director der Sternwarte in Berlin 23. Nov. 1826), denn sie wird schon von *Chr. Wolf* (geb. 24. Jan. 1679 zu Breslau, gest. 9. April 1754 als Prof. zu Halle) erwähnt

dem Mars . . .	4 + 4 . 3	= 32	Millionen Meilen,
den s. g. Asteroiden	4 + 8 . 3	= 56	„ „
dem Jupiter . .	4 + 16 . 3	= 104	„ „
dem Saturn. . .	4 + 32 . 3	= 200	„ „
dem Uranus . .	4 + 64 . 3	= 392	„ „

Bei dem Planeten Neptun erleidet dieses Gesetz eine Ausnahme, denn die Zahl 4+128.3 = 776 weicht von der wirklichen Entfernung dieses Planeten von der Erde im Betrage von c. 600 Meilen zu sehr ab. (Vergl. 9. Kap. IX.)

5) Die Richtigkeit der Kepler'schen Gesetze wies später *Isaak Newton.**) nach aus dem sich auf die vorher von *Galilei***) entdeckten Gesetze vom freien Falle stützenden *Gravitationsgesetze*:.

„Die Anziehungen der Sonne auf die Planeten verhalten „sich umgekehrt, wie die Quadrate ihrer Entfernungen von „der Sonne; bei gleichen Entfernungen aber wie die Massen „der Planeten.“

*) *Isaak Newton*, geb. am 25. Dec. 1642 zu Wolstrop in der engl. Grafschaft Lincoln, besuchte die Universität Cambridge und hörte dort den berühmten Dr. Barrow. Noch vor seinem 24. Lebensjahre entdeckte er das Gravitationsgesetz, die Fluxionentheorie und die Spaltung des weissen Sonnenlichts. Im Jahre 1669 erhielt er Barrow's Lehrstuhl. Berühmt geworden ist sein wissenschaftlicher Streit mit Leibnitz über die Erfindung der Infinitesimalrechnung. Fast alle Theile der Mathematik und der Physik wurden durch neue Entdeckungen von ihm bereichert. Seine hinterlassenen zahlreichen Schriften sind theils von ihm, theils von Andern herausgegeben worden. Er starb am 20. März 1727.

**) *Galileo Galilei*, geb. am 18. Febr. 1564 zu Pisa, besuchte die Universität Pisa und entdeckte schon damals die Gesetze des *Pendels* und das *Aräometer*. Im Jahre 1589 wurde er Professor der Mathematik in Pisa, 1592 Lehrer der Mathematik in Padua. Hier entdeckte er den *Proportionalzirkel*, wichtiger jedoch war seine Entdeckung der *Fallgesetze*. Im J. 1610 berief ihn der Grossherzog Cosmo wieder nach Pisa, er hielt sich aber mehr zu Florenz auf. Galilei war ein Verfechter des Copernikanischen Systems, zog sich aber deshalb vielfache Verfolgungen zu, so dass er sogar am 20. Juni 1633 seine ausgesprochenen Ansichten aufs Evangelium abschwören musste. Dass er nach Ableistung dieses Eides die Worte ausgesprochen: E pur si muove! (Und sie bewegt sich doch!) ist eine französische Erfindung und von Prof. Heis in Münster als unhistorisch nachgegewiesen. Seine letzten Tage verlebte Galilei auf seinem Landsitze unweit Florenz und starb in Blindheit, Taubheit und unter den heftigsten Gichtschmerzen am 8. Jan. 1742. Er hinterliess zahlreiche Werke.

VI. Präcession und Nutation.

1) Der Frühlingspunkt schreitet alljährlich um 50,1 Secunden rückwärts der Erde entgegen, ist also in ungefähr 2000 Jahren fast um 30 Grad fortgerückt und steht jetzt im Anfange der Fische, während er vor jener Zeit im Widder stand. Man nennt diese Erscheinung die *Präcession der Nachtgleichen* In 25868 Jahren würde somit der Frühlingspunkt die ganze Ekliptik durchlaufen. Diesen Zeitraum nennt man das *grosse platonische Jahr.*

Die Erscheinung der Präcession ist nur dadurch zu erklären, dass man annimmt, der Erdäquator bleibe sich nicht vollkommen parallel, sondern sei in einer langsamen Rotation, bei welcher aber seine Neigung gegen die Ekliptik nicht alterirt wird, begriffen.

2) Theorie und Erfahrung haben ferner gelehrt, dass auch die Schiefe der Ekliptik eine Aenderung erleidet, theils eine der Zeit proportionale Abnahme, die in 100 Jahren 48" beträgt, theils ein periodisch wiederkehrendes Schwanken, durch welches dieser Winkel in ungefähr 19 Jahren nach beiden Seiten hin um 9",6 verändert wird. Dieses Schwanken der Ekliptik nennt man die *Nutation.*

Man erklärt sich diese Erscheinung durch die Annahme, dass die Erdaxe neben der Rotation in Folge der Präcession noch kleine Schwankungen erleide.

Sechstes Kapitel.

Folgerungen aus der jährlichen Bewegung der Erde.

I. Zeiteintheilung.

1) *Der Tag.* Die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Culminationen des *mittleren* (d. h. durch Berücksichtigung der Präcession verbesserten) *Frühlingspunkts* heisst ein *Sterntag.* Dieser ist zur Zeiteintheilung deshalb nicht geeignet, weil sein Beginnen immer in verschiedene Tageszeiten fällt. Der durch Zeitmaass ausgedrückte westlich vom Meridian

gezählte Stundenwinkel des mittleren Widderpunktes heisst die *Sternzeit.* Da die Sonne Tag und Nacht bestimmt, so muss sich die Zeiteintheilung auch an diese anknüpfen. Die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Culminationen der Sonne heisst der *wahre Sonnentag.*

Die wahren Sonnentage sind jedoch nicht von gleicher Länge. Bei der gleichförmigen Rotation der Erde schieben sich in gleichen Zeiten gleiche Bögen des Aequators durch den Meridian; dies ist aber nicht der Fall mit der Ekliptik, weil diese unter einem schiefen Winkel gegen den Aequator geneigt ist. Eine Folge davon ist, dass die Strecken, um welche die Sonne täglich fortrückt, auch verschieden sind. Ausserdem hat die Sonne in der Ekliptik ebenfalls eine ungleichförmige Geschwindigkeit. Diese beiden Umstände haben offenbar zur Folge, dass die wahren Sonnentage nicht gleich sein können. Man hat deshalb von jener täglichen Fortrückung der Sonne das Mittel genommen und dies $=59' 8''$ gefunden und nennt die Zahl, in welcher sich der ganze Aequator (also 360^0 und noch jene $59' 8''$) durch den Meridian hindurch schieben, den *mittleren Sonnentag.* Es ist dies eigentlich der Tag, der in der Wirklichkeit stattfinden würde, wenn die Sonne den Aequator in derselben Zeit mit gleichmässiger Geschwindigkeit durchliefe, in welcher sie die Ekliptik mit ungleichförmiger Geschwindigkeit durchläuft, d. h. die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Culminationen dieser eingebildeten Sonne, welche mit der wahren als in den Nachtgleichenpunkten zusammentreffend betrachtet wird. Der Unterschied zwischen wahrer und mittlerer Zeit d. h. der Zeit, welche der vom Meridian aus westlich gezählte Stundenwinkel der eingebildeten Sonne bestimmt, heisst die *Zeitgleichung.* Viermal des Jahres, nämlich den 14. April, den 14. Juni, den 31. August und den 23. December, oder an den darauf folgenden Tagen sind mittlere und wahre Zeit einander gleich oder die Zeitgleichung gleich Null.

2) *Das Jahr.* Von der jährlichen Bewegung der Erde hängt die Dauer des Jahres ab. Die Zeit von einem Eintritte der Erde in den Frühlingspunkt bis zum nächstfolgenden heisst ein *tropisches Jahr* = 365,24224 mittleren Sonnen-

tagen zum Unterschiede von dem *siderischen Jahre*, d. h. der Zeit, nach welcher man die Sonne wieder bei denselben Fixsternen sieht = 365,25636 mittleren Sonnentagen. Der letztere Zeitraum, in Sternentagen ausgedrückt, beträgt gerade eine volle Einheit mehr, was daher kommt, dass durch den Umlauf der Erde *ohne* Axendrehung die Sonne einmal während des Jahres von West nach Ost (also umgekehrt) um die Erde zu laufen scheint, wodurch ein Sonnentag in Abzug kommt. Trotzdem also, dass die Erde 366 wirkliche Umdrehungen hat, geht doch die Sonne für jeden Ort der Erde nur 365 mal auf.

Die Verschiedenheit zwischen dem tropischen und siderischen Jahre ist durch die Präcession bedingt. Im bürgerlichen Leben rechnet man das Jahr zu 365 Tagen, nur jedes vierte bekommt 366 Tage und heisst ein *Schaltjahr*. Doch auch hierdurch wird der begangene Fehler nicht ganz ausgeglichen, denn es werden in 400 Jahren ungefähr 3 Tage nun wieder zu viel gerechnet. Diese Unrichtigkeit beseitigt man dadurch, dass man in 400 Jahren 3 Schalttage auslässt. Man wählt dazu diejenigen Jahre, welche sich auf 2 Nullen endigen, ohne diese aber nicht durch 4 theilbar sind. Ausserdem könnte der noch bleibende Fehler durch Unterdrückung eines Schaltjahres in je 3600 Jahren vollends berichtigt werden. Nach dem julianischen Kalender [45 v. Chr.] ist das Jahr = 365,25 Tagen, nach dem gregorianischen [Gregor XIII. 1582] = 365,2425 Tagen.)

3) *Der Monat.* Der zwölfte Theil des tropischen Jahres heisst ein *Sonnenmonat*. Im bürgerlichen Leben hat man Monate aus lauter ganzen Tagen gemacht; einen (den Februar) zu 28 (resp. 29) Tagen, vier (den April, Juni, September und November) zu 30 Tagen, und sieben (den Januar, März, Mai, Juli, August, October, December) zu 31 Tagen.

4) *Die Woche.* Ausser dieser Zeiteintheilung hat man noch die nach *Wochen* zu je 7 Tagen und es hat somit ein gemeines Jahr 52 Wochen und 1 Tag, und jedes Schaltjahr 52 Wochen 2 Tage. Die ursprünglichen Namen der Wochentage sind von Sonne, Mond und 5 Planeten hergenommen. Sie heissen:

Sonntag, Dies Solis (☉),
Montag, D. Lunae (☾),
Dienstag, D. Martis (♂),
Mittwoch, D. Mercurii (☿),
Donnerstag, D. Jovis (♃),
Freitag, D. Veneris (♀),
Sonnabend (Samstag), D. Saturni (♄).

5) *Sonntagsbuchstabe, Sonnenzirkel.* Wenn man die ersten sieben Tage des Monats Januar mit den Buchstaben A B C D E F G bezeichnet und für die folgenden Tage diese Buchstaben sich regelmässig wiederholen lässt, so muss der letzte Tag des gemeinen Jahres wieder A sein. Der Buchstabe, welcher auf den ersten Sonntag des Januars und bei Wiederholung der 7 Buchstaben natürlich auch auf alle folgenden Sonntage fällt, heisst *Sonntagsbuchstabe.* Aus dem Vorigen ergiebt sich, dass der Sonntagsbuchstabe alljährlich um eine Stelle rückwärts geht. In den Schaltjahren giebt man dem 23. und 24. Februar denselben Buchstaben, und es hat deshalb das Jahr 2 Sonntagsbuchstaben. Es kehrt derselbe Buchstabe im julianischen Kalender alle $4 \cdot 7 = 28$ Jahre wieder. Diese Periode heisst ein *Sonnenzirkel.* Denselben Namen führt die Zahl, welche angiebt, das wievielste irgend ein Jahr in einer solchen Periode ist. Man hat das 9te Jahr vor der christlichen Zeitrechnung als den Anfang einer Periode festgesetzt und als ein Schaltjahr betrachtet. Da die Sonntagsbuchstaben rückwärts schreiten, so hat man dem letzten Jahre des ersten Sonnenzirkels den Buchstaben A gegeben, so dass also das erste Jahr dieser Periode die Buchstaben G F hat. Will man den julianischen Sonnenzirkel für ein Jahr x finden, so hat man den Rest des Quotienten $\frac{9+x}{28}$ zu suchen. Ist der Rest Null, so ist der Sonnenzirkel $=28$. Vom Jahre 1851 z. B. ist hiernach der Sonnenzirkel 12.

Aus der nachfolgenden Tabelle

1. GF.	5. BA.	9. DC.	13. FE.
2. E.	6. G.	10. B.	14. D.
3. D.	7. F.	11. A.	15. F.
4. C.	8. E.	12. G.	16. B.

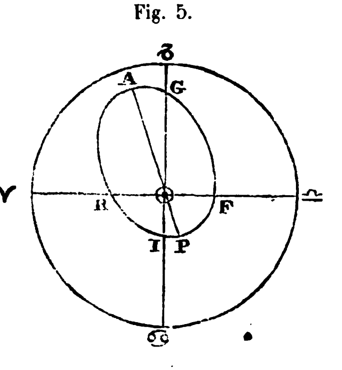
17. AG.	20. D.	23. G.	26. C.
18. F.	21. CB.	24. F.	27. B.
19. E.	22. A.	25. ED.	28. A.

ergiebt sich, dass zum Sonnenzirkel 12 der Sonntagsbuchstabe G gehört. Im gregorianischen Kalender aber bleiben zwar die Sonnenzirkel dieselben, aber die Sonntagsbuchstaben sind andere. Da nämlich in diesem Jahre der letztere Kalender gegen den julianischen 12 Tage zurück ist, so muss man auch um 12, oder, was dasselbe ist, um 5 Buchstaben zurückgehen; wir erhalten also für 1851 den gregorianischen Sonntagsbuchstaben E. Mit Hülfe des Vorhergehenden ist jetzt leicht zu bestimmen, auf welchen Wochentag irgend ein Datum fällt. Wollte man dies z. B. für den 18. Mai 1814 wissen, so findet man für 1814 den julianischen Sonntagsbuchstaben D, diesem entspricht der gregorianische B. Das Jahr 1814 fing also mit einem Sonnabend an. Da nun vom 1. Januar bis zum 18. Mai 138 Tage verflossen sind, so beträgt der Zeitraum vom 1. Sonntage (2. Januar) bis zum 18. Mai 137 Tage. Diese durch 7 dividirt, gehen 19 Wochen 4 Tage; es ist somit der 15. Mai ein Sonntag und der 18. ein Mittwoch gewesen.

II. Hauptstationen der Erde in der Ekliptik.

1) Am 21. März befindet sich die Sonne (☉) im Frühlingspunkte (Widderpunkte) u. also die Erde (Fig. 5.) in *F*. Wir (auf der nördlichen Halbkugel) haben *Frühlingsanfang*.

Fig. 5.



2) Hat die Länge der Sonne um 90° zugenommen und ist also die Erde nach *G* ins Sommersolstitium gekommen, es geschieht dies am 21. Juni, so haben wir *Sommersanfang*.

3) Bei *A* tritt die Erde in das Aphelium. Es geschieht dies am 1. Juli.

4) Hat die Länge der Sonne von *G* aus wieder um 90° —genommen und ist die Erde also nach *H* gekommen, so

erscheint uns die ⊙ am 23. September im Herbstpunkte (Wagepunkte). Wir haben *Herbstanfang.*

5) Bei weiterer Zunahme der Sonnenlänge um 90° befindet sich die Erde am 21. December in *I*, im Wintersolstitium. Wir haben *Wintersanfang.*

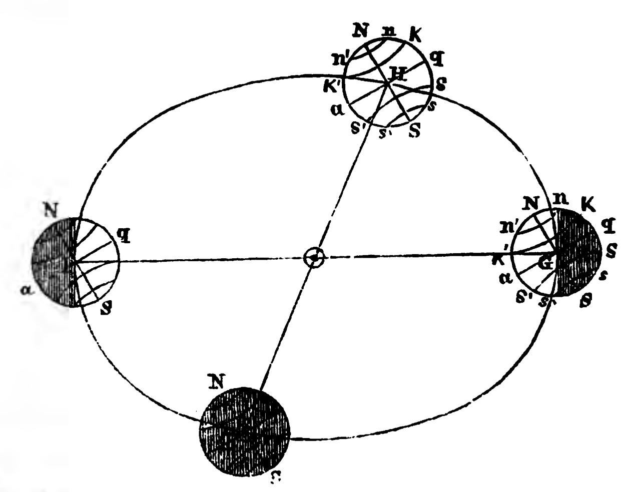
6) Am 31. December tritt die Erde in *P* in das Perihelium.

Schlussbemerkung. Aus der Ungleichheit der Fläche der 4 Quadranten ersieht man, dass die Jahreszeiten nicht genau von gleicher Dauer sein können.

III. Beleuchtung der Erde in ihren verschiedenen Stationen durch die Sonne.

1) Wenn *F*, *G*, *H*, *I* (Fig. 6.) dieselbe Bedeutung haben, wie in Fig. 5., und ⊙ wieder die Sonne bezeichnet, so befindet sich die Erde in *F* und *H* in den Nachtgleiche npunkten

Fig. 6.



also im Aequator. Der Lichtstrahl ⊙*F* (und ebenso ⊙*H*) befindet sich demnach ebenfalls im Aequator und steht somit auf der Erdaxe *NS* senkrecht. Offenbar erleuchtet nun die ⊙ die ihr zugekehrte Halbkugelfläche der Erde und zwar bildet ein durch die Erdaxe *NS* gehender und auf ⊙*F* (resp. ⊙*H*) senkrecht stehender Kreis die Lichtgrenze. Da sich nun die Erde in 24 Stunden um ihre Axe gl eichförmig

dreht, so bleibt jeder Punkt der Erdoberfläche 12 Stunden auf der erleuchteten und 12 Stunden auf der verfinsterten Seite der Erde, d. h. es sind überall (mit Ausschluss der Pole) Tag und Nacht gleich. Daher der Name Nachtgleichenpunkte. Ein Beobachter an den Polen würde die Sonne gerade in seinem Horizonte haben.

2) In G befindet sich die Erde im Sommersolstitium, es ist somit der Winkel $\odot Ga = \varepsilon$ (der Ekliptikschiefe), da, wie wir bereits früher (im 3ten Kap. II, 16) gesehen haben, die Declination der Sonne zu jener Zeit diese Grösse hat. Die Lichtgrenze steht wieder senkrecht auf $\odot G$. Bezeichnet nun nn' den nördlichen und ss' den südlichen Polarkreis, so ist (vergl. 3tes Kap. III. 2.) $Nn = Ss = \varepsilon$. Nun muss offenbar die Lichtgrenze mit der Erdaxe ebenfalls den Winkel ε bilden, da die Linien $\odot G$ und $a\,q$ diesen Winkel einschliessen und auf jenen beiden bezüglich senkrecht stehen. Die Polarkreise berühren somit die Lichtgrenze, und zwar bleibt die nördliche Polarzone stets auf der Licht-, die südliche dagegen stets auf der Schattenseite der Erde. Es ist dort also fortwährend Tag, hier fortwährend Nacht. Mit Ausschluss der Punkte auf dem Aequator sind auf den übrigen Punkten der Erde Tag und Nacht verschieden, und zwar auf der nördlichen Halbkugel die Tage, auf der südlichen die Nächte länger.

In I sind die Beleuchtungsverhältnisse der Erde denen in G gerade entgegengesetzt.

IV. Dauer des Tages unter den verschiedenen Zonen.

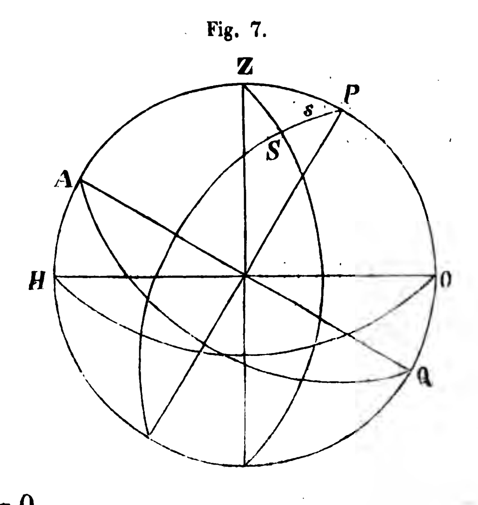
1) Bezeichnen (Fig. 7.) Z, P, S bezüglich Zenith, Pol und Sonne, und behalten wir im Uebrigen die frühere Bezeichnung (vergl. 3tes Kap. II, 22.) bei, so haben wir dort

$$\sin h = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos s.$$

Sind h, φ, δ gegeben, so kann man hieraus den Stundenwinkel s, und mit dessen Hülfe (vergl. 3tes Kap. II, 14.) die Zeit bis zur Sonnenculmination (Mittag) berechnen. Der Tag dauert nun von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang, der halbe Tag (Vormittag) also von Sonnenaufgang bis Mittag.

Um diesen zu finden, brauchen wir demnach nur den Stundenwinkel der Sonne bei ihrem Aufgange, d. h. den Werth von s für $h = 0$ zu kennen. Betrachten wir nun die Declination während eines Tages als unveränderlich, so erhalten wir für $h = 0$

Fig. 7.



$$\cos s = -\operatorname{tang} \delta \operatorname{tang} \varphi.$$

2) Da die Declination in den Sonnenwenden ihrer absoluten Grösse nach am grössten und im Sommersolstitium $+\varepsilon$ und im Wintersolstitium $-\varepsilon$ ist, so hat man zur Berechnung des längsten und kürzesten Tages die Formel

$$\cos s = \mp \operatorname{tang} \varepsilon \operatorname{tang} \varphi.$$

3) Um nun die Länge des Tages unter den verschiedenen Zonen zu finden, haben wir zunächst unter dem Aequator $\varphi = 0$, es geht somit die Gleichung in

$$\cos s = 0$$

über, woraus sich $s = 90^0$ und also die Dauer des Tages $= 12$ Stunden bestimmt.

4) Unter den Wendekreisen ist $\delta = \varepsilon$ und auch $\varphi = \varepsilon$, folglich

$$\cos s = \mp \operatorname{tang}^2 \varepsilon,$$

wodurch der längste und kürzeste Tag bestimmt wird.

5) Unter den Polarkreisen ist $\varphi = 90^0 - \varepsilon$ und wir erhalten somit für den längsten und kürzesten Tag

$$\cos s = \mp 1, \text{ d. h.}$$

$$s = 180 \text{ und } s = 0$$ (vergl. III, 2. d. Kap.).

6) An den Polen findet gar kein Auf- und Untergang der Sonne statt; die veränderte Stellung der Sonne ist also nur Folge der Declination. Da wir diese in unserer Formel den

Tag über als unveränderlich betrachtet haben, so muss diese Annahme offenbar hier ein falsches Resultat geben und kann also nicht anwendbar sein. In der That erhält man auch für $\varphi = 90^0$,

$$\cos s = \mp \infty.$$

V. Dauer der Dämmerung.

1) Da das Licht der Sonne, wenn sie noch unter dem Horizonte steht, von der Atmosphäre reflectirt wird, so entsteht auf der Erdoberfläche ein Mittelzustand zwischen Dunkelheit und Helligkeit, welchen wir *Dämmerung* nennen.

2) Man unterscheidet zwischen *astronomischer* und *bürgerlicher Dämmerung.* Die erstere beginnt, wenn die kleineren Sterne zu verschwinden anfangen, welches der Fall ist, wenn die Sonne 18^0 unter dem Horizonte steht. Die bürgerliche Dämmerung wird von der Zeit an gerechnet, wo die Gegenstände auf der Erde deutlich unterschieden werden können. Man nimmt diesen Beginn an zur Zeit, wo die Sonne $6^0\,23'\,30''$ unter dem Horizonte steht.

3) Nach diesen Angaben hat die Berechnung der Dauer jeder Dämmerungsart für einen gegebenen Tag keine Schwierigkeit mehr. Wir suchen zunächst den Stundenwinkel der Sonne aus der Formel

$$\sin h = \sin\varphi \sin\delta + \cos\varphi \cos\delta \cos s,$$

indem wir resp. $h = -18^0$ resp. $= -6^0\,23'\,30''$ einsetzen. Subtrahirt man von dem in Zeit ausgedrückten Stundenwinkel die aus IV. gefundene Vormittagsdauer, so erhält man die Dauer der Dämmerung.

Um z. B. für Halle die Dauer der astronomischen Dämmerung zur Zeit der Aequinoctien zu finden, hat man in die Formel

$$\cos s = -\frac{\sin h + \sin\delta \sin\varphi}{\cos\delta \cos\varphi},$$

$$h = 18^0,\ \delta = 0,\ \varphi = 51^0\,30'\,34''$$

einzusetzen, wodurch man erhält

$$\cos s = -\frac{\sin 18^0}{\cos 51^0\,30'\,34''}$$

$$= -\cos 60^0\,13'\,51'',7$$

$$= \cos 119^0\,46'\,8'',3,$$

mithin $s = 119^\circ 46' 8'',3,$
$= 119^\circ,769.$

Bezeichnet nun x die wahre Zeit des Dämmerungsanfanges, so ist $x = \frac{119,769}{15} = 7^h,984$, s. 3. Kap. II. 14.

Da die Dauer des Vormittags 6 Stunden beträgt, so ist die Dämmerungsdauer

$$7,984 - 6 = 1^h,984.$$

Wird in der obigen Formel $h = 6^\circ 23' 30''$ gesetzt, so wird die Dauer der bürgerlichen Dämmerung erhalten.

Zur Zeit des Sommersolstitiums ist $\delta = \varepsilon = 23^\circ 27' 35''$, folglich für Halle

$$\cos s = -\frac{\sin 18^\circ + \sin 23^\circ 27' 35'' \sin 51^\circ 30' 34''}{\cos 23^\circ 27' 35'' \cos 51^\circ 30' 34''}$$
$$= -1,13306.$$

Aus diesem Resultate ergiebt sich, dass zur Zeit des Sommersolstitinms gar keine völlige Finsterniss eintritt.

Für das Wintersolstitium ist $\delta = -\varepsilon$, folglich für Halle

$$\cos s = \frac{\sin 23^\circ 27' 35'' \sin 51^\circ 30' 34'' - \sin 18^\circ}{\cos 23^\circ 27' 35'' \cos 51^\circ 30' 34''}$$
$$= \cos 89^\circ 43' 48'',$$
$$s = 89^\circ 43' 48''$$
$$= 89^\circ,73,$$

mithin $x = \frac{89,73}{15} = 5^h,98.$

Nun ist die Vormittagsdauer zur Zeit des Wintersolstitiums in Halle 3,79, folglich die Dämmerungsdauer

$$5,98 - 3,79 = 2^h,19.$$

4) Giebt die Ausrechnung der Formel

$$\cos s = -\frac{\sin h + \sin \delta \sin \varphi}{\cos \delta \cos \varphi},$$
$$\cos s = -1,$$

also $s = 180^\circ,$

so erhält man als wahre Zeit des Dämmerungsanfanges 12^h, woraus hervorgeht, dass die Dämmerung die ganze Nacht hindurch währt. In diesem Falle ist

$$\sin h + \sin\delta \sin\varphi = \cos\delta \cos\varphi,$$
$$\sin h = \cos\delta \cos\varphi - \sin\delta \sin\varphi$$
$$= \cos(\delta+\varphi),$$

mithin $\sin 18^0 = \cos 72^0 = \cos(\delta+\varphi)$,

$$\delta+\varphi = 72^0$$

oder $\delta = 72^0 - \varphi$.

Wenn demnach die Declination der Sonne gleich der Differenz zwischen 72° und der geographischen Breite wird, so fangen die *hellen Nächte* an.

IV. Jahreszeiten unter verschiedenen Zonen.

1) Wir haben bereits früher die Anfänge der Jahreszeiten näher bestimmt und können noch hinzufügen, dass der Sommer beginnt, wenn die Sonne ihre grösste Höhe erreicht, der Winter hingegen, wenn die Sonne ihre kleinste Höhe hat. Die mittleren Höhen bestimmen den Frühlings- und Herbstanfang. Nach diesen Bestimmungen bestimmen sich jene vier Jahresabschnitte für die gemässigte und kalte Zone sehr einfach. Anders verhält es sich jedoch in der heissen Zone.

2) Alle Punkte der heissen Zone haben offenbar die Sonne, da sie von einem Wendekreise bis zum andern und wieder zurückläuft, zweimal des Jahres in ihrem Zenith, und sie erreicht also zweimal ihre grösstmögliche Höhe. Darnach giebt es für diese Zone einen doppelten Sommersanfang. In gleicher Weise steigt die Sonne bei Erreichung der Solstitien zweimal des Jahres zu kleinsten Höhen herab, wodurch ebenfalls zwei Winteranfänge bestimmt werden. Die mittleren Höhen bezeichnen ebenso zwei Frühlings- und zwei Herbstanfänge.

3) Wir haben bereits gesehen, dass die Bewohner der Polarzone wenigstens während eines Tages des Jahres die Sonne rings um den Horizont herumlaufen sehen. Sie werfen deshalb während dieser Zeit nach allen Richtungen ihren Schatten, man nennt sie deshalb die *Umschattigen* (περίσκιοι).

4) In der gemässigten Zone ist dies nicht der Fall, denn in der nördlichen steht die Sonne stets südlich und in der südlichen stets nördlich. Die Bewohner heissen deshalb die *Einschattigen* (ἑτερόσκιοι).

5) Aus 2) ergiebt sich, dass die Bewohner der heissen Zone die Sonne während eines Theiles des Jahres südlich, während des andern nördlich haben. Sie heissen deshalb die *Zweischattigen* (ἀμφίσκιοι). Zur Zeit, wo sie die Sonne im Zenith haben, heissen sie auch wohl die *Unschattigen* (ἄσκιοι).

VII. Klimate.

Ausser der Eintheilung der Erdoberfläche in Zonen hat man noch eine Eintheilung in *Klimate.* Man versteht darunter ebenfalls von Parallelkreisen gebildete Zonen. Das erste Klima geht vom Aequator bis zu dem Parallelkreise, unter welchem der längste Tag $12\frac{1}{2}$ Stunden dauert. Die folgenden werden durch die Parallelkreise bestimmt, unter welchen der längste Tag immer $\frac{1}{2}$ Stunde länger ist, als im vorhergehenden. Die Grenzen der Klimate findet man leicht mit Hülfe der unter IV, 2) aufgestellten Formel

$$\operatorname{tg} \varphi = -\frac{\cos s}{\operatorname{tg} \varepsilon},$$

indem man für s nach und nach die den Hälften der angegebenen Tageslänge entsprechenden Stundenwinkel substituirt.

Siebentes Kapitel.

Der Mond in seinem Verhältniss zur Erde und Sonne.

I. Bewegung desselben um die Erde und mit dieser um die Sonne.

1) Der Mond bewegt sich in einer der täglichen Bewegung entgegengesetzten Bahn. Man überzeugt sich davon durch Vergleichung seines scheinbaren Orts mit dem eines Fixsterns.

2) Die Bahn ist elliptisch und zwar geht ihre Fläche durch die Erde und hat diese in einem ihrer Brennpunkte. Für den Mond ist also die Erde dasselbe, was die Sonne für die Erde ist.

3) Die Mondbahn fällt nicht mit der Ekliptik zusammen, sondern ist gegen sie unter einem Winkel von $5^0\ 8'\ 48''$

geneigt und schneidet sie also zweimal. Der Punkt, durch welchen der Mond von der Südseite kommend hindurchgeht, heisst der *aufsteigende Knoten* (☊), der andere Durchgangspunkt durch die Ekliptik heisst der *niedersteigende Knoten* (☋).

4) Die Zeit bis zur Wiederkehr des Mondes zu demselben Knoten heisst der *drakonische* oder *Drachen-Monat.* Er beträgt 27 Tage 5 St. 5 Min. 28,9 Sec.

5) Die Knoten nehmen nicht immer dieselbe Stelle in der Ekliptik ein; sie rücken immer westlicher fort und gehen so um die ganze Ekliptik herum. Die Zeit, binnen welcher ein Knoten die ganze Ekliptik durchläuft, dauert ungefähr 18,6 Jahre.

6) Die Zeit, nach welcher der Mond in seiner Bahn zu demselben Fixsterne zurückkehrt, heisst der *siderische Monat.* Seine Dauer ist 27 Tage 7 St. 43 Min. 11,5 Sec.

7) Da im Verlauf eines siderischen Monats der Frühlingspunkt von Ost nach West fortrückt und dem Monde entgegenkommt, so kehrt dieser etwas früher zu derselben Länge zurück. Die Zeit, nach welcher dies geschieht, ist deshalb etwas kürzer als der siderische Monat und heisst der *tropische Monat.* Seine Dauer ist 27 Tage 7 St. 43 Min. 4,7 Sec.

8) Dass der Mond eine elliptische Bahn durchläuft, wurde bereits bemerkt. Dafür, dass die Bahn nicht kreisförmig ist, spricht schon der zu verschiedenen Zeiten verschiedene Gesichtswinkel, unter welchem wir den Mond erblicken. Wie man vom Aphelium und Perihelium der Erdbahn spricht, so nennt man analog die entsprechenden Punkte der Mondbahn das *Apogäum* und *Perigäum.* In jenem ist der Mond 54000, in diesem 48000 Meilen entfernt. Seine mittlere Entfernung ist 51000 Meilen. Die Umlaufszeit des Mondes von der Erdnähe bis wieder dahin nennt man den *anomalistischen Monat.* Seine Dauer ist 27 Tage 13 St. 21 Min. 3 Sec.

9) Da sich der Mond mit der Erde auch um die Sonne bewegt, so wird seine wirkliche Bahn eine mehrere Schleifen bildende Curve sein müssen. Die Curve gehört zur Klasse der *Epicycloiden.* *)

*) Vergl. mein Lehrbuch der analyt. Geometrie §. 66.

II. Lichtgestalten des Mondes. (Mondphasen.) Axendrehung.

10) Der Mond hat kein eigenes Licht, sondern empfängt es erst von der Sonne. Es ist deshalb nur die der Sonne zugekehrte Seite erhellt, die andere ist dunkel. Zugekehrt ist uns offenbar derjenige Theil des Mondes, den ein auf der Gesichtslinie senkrechter grösster Kreis des Mondes abschneidet. Erleuchtet ist hingegen diejenige Mondhälfte, welche nach der Sonnenseite von einem auf der Verbindungslinie des Mond- und des Sonnenmittelpunkts senkrechten grössten Kreise des Mondes (die Sonnenstrahlen werden als parallel betrachtet) abgeschnitten wird. Von der Neigung beider Kreise gegen einander werden nun offenbar die Lichtgestalten abhängen, unter welchen uns der Mond zu verschiedenen Zeiten erscheint.

11) Wenn der Mond mit der Sonne dieselbe Länge hat, oder, um einen astronomischen Ausdruck zu gebrauchen, wenn beide Gestirne in *Conjunction* (☌) stehen, so fallen die beiden vorher erwähnten Ebenen nahe zusammen. Der Mond kehrt uns, da er zwischen der Erde und der Sonne steht, seine dunkle Seite zu, wir sehen also nichts von ihm. Man sagt dann, der Mond sei im *Neumond*.

12) Sind die Längen der Sonne und des Mondes um 180° verschieden, oder befinden sich beide, wie man dann sagt, in *Opposition* (☍), so fallen wieder die vorher bezeichneten Kreise nahe zusammen, aber der Mond kehrt uns, da wir zwischen ihm und der Sonne uns befinden, seine volle erleuchtete Seite zu. Wir haben *Vollmond*.

13) Hat der Mond eine um 90° grössere Länge als die Sonne, so stehen die zwei Ebenen ziemlich senkrecht aufeinander. Die uns zugekehrte Seite ist nur zur Hälfte nach Westen zu erleuchtet, der Mond erscheint uns als Halbkreis. Wir sagen, der Mond stehe im *ersten Viertel*.

14) Hat der Mond endlich eine um 270° grössere Länge als die Sonne, so stehen die zwei Ebenen wieder nahe senkrecht aufeinander, die uns zugekehrte Seite ist ebenfalls nur zur Hälfte, und zwar nach Osten zu, erleuchtet, und der

Mond erscheint uns zum zweiten Male als Halbkreis. Wir sagen, der Mond stehe im *letzten Viertel.*

15) Ausser den Zeiten, wo der Mond die genannten Lichtgestalten oder Phasen zeigt, erscheint er uns in Sichelform*). Man kann sich leicht durch Drehung einer Kugel um ein Licht davon überzeugen. Neumond und Vollmond heissen in der astronomischen Sprache *Syzygien*, die beiden Viertel hingegen die *Quadraturen.* Bezeichnet man Sonne, Mond und Erde durch die Buchstaben S, M und E, so bildet die Stellung

S M E den Neumond,

$S\,{}^{E}_{M}$ das erste Viertel,

S E M den Vollmond,

$S{}^{M}_{E}$ das letzte Viertel.

Wie muss den Mondbewohnern (falls es welche giebt) zur Zeit der Syzygien und Quadraturen die Erde erscheinen?

16) Die Zeit zwischen zwei aufeinander folgenden Neumonden heisst ein *synodischer* Monat. Er ist länger als der siderische, weil zwischen zwei Neumonden auch die Erde in ihrer Bahn fortgerückt ist. (Es findet etwas Aehnliches statt, wie bei den Zeigern einer Uhr.) Seine Länge ist 29 Tage 12 St. 44 Min. 2,87 Sec.

17) Der synodische Monat bestimmt zugleich die Zeit, binnen welcher der Mond sich einmal um seine Axe dreht. Die auf demselben sichtbaren Flecke beweisen nämlich, dass der Mond uns immer dieselbe Seite zukehrt und sich also nur in jedem synodischen Monate einmal um seine Axe dreht. Hieraus folgt, dass auf dem Monde ungefähr $14\frac{3}{4}$ Tage Tag und ebenso lange Nacht ist.

18) Die Neigung des Mondäquators gegen die Ekliptik ist $1\frac{1}{2}{}^{0}$ und folglich gegen die Mondbahn $6\frac{1}{2}{}^{0}$. Es folgt hieraus, dass die Jahreszeiten auf dem Monde unter sich weit weniger verschieden sind, als auf der Erde.

---

*) Bildet die Sichel die vordere Seite eines 𝔞, so ist der Mond abnehmend, bildet sie aber das obere Stück eines 𝔷, so ist der Mond zunehmend; oder auch: bei der Form C ist der Mond 𝔇ecrescens, bei der Form D hingegen ℭrescens.

19) Den Durchmesser des Mondes hat man = 468 geographischen Meilen gefunden.

III. Mond- und Sonnenfinsternisse.

20) Diese können nur zur Zeit der Syzygien eintreten. Da die Sonne nämlich grösser ist als die Erde und der Mond, so werden die beiden letzteren Schattenkegel bilden, deren Lage und Gestalt aus den Durchmessern und dem Ort der Sonne, der Erde und des Mondes gefunden werden können. Zur Zeit des Neumondes kann nun die Erde in den Schatten des Mondes treten, dann wird dieser dem Beobachter auf der Erde ganz oder zum Theil die Sonne verdecken. Es entsteht eine *Sonnenfinsterniss.*

21) Befindet sich das Auge des Beobachters auf der Erde mit den Mittelpunkten der Sonne und des Mondes in gerader Linie, was nur der Fall sein kann, wenn sich der Mond in der Ekliptik (daher auch dieser Name) befindet, so ist die Sonnenfinsterniss *total* oder *ringförmig.* [Eintreten der Erde in den Halb- und Kernschatten.] Die Sonnenfinsterniss beginnt am westlichen Rande der Sonne.

22) Befindet sich der Beobachter nicht innerhalb des Kernschattens des Mondes, so ist die Sonnenfinsterniss nur *partial.* Nach dem bestehenden Grössenverhältniss der Erde und des Mondes im Vergleich mit der Sonne und der Ausdehnung ihrer Bahnen ist jede Sonnenfinsterniss nicht auf der ganzen Erde, sondern nur auf einem schmalen Streifen ihrer Oberfläche sichtbar.

23) Befindet sich zur Zeit des Vollmonds dieser in der Ekliptik oder in deren Nähe, so wird er vom Schatten der Erde ganz oder theilweise verdunkelt werden. Wir haben dann eine *totale* oder *partiale Mondfinsterniss.*

24) Da die Erde viel grösser als der Mond ist, so reicht die Spitze des Erdschattenkegels immer weit über den Mond hinaus und es kann deshalb die Mondfinsterniss nie ringförmig erscheinen.

25) Da der Mond bei einer Mondfinsterniss wirklich an der Stelle, wo der Erdschatten hinfällt, seines Lichtes beraubt wird, so muss diese Stelle auf allen Punkten der Erde,

von welcher aus der Mond überhaupt gesehen werden kann, in demselben Zeitmomente verfinstert erscheinen. Deshalb lassen sich diese Verfinsterungen zur Bestimmung des Längenunterschiedes zweier Orte benutzen. (Vergl. 3. Kap. II, 24.) Freilich behindert der allmählige Uebergang aus dem Halbschatten in den Kernschatten und umgekehrt so sehr die Genauigkeit der Beobachtungen, dass dies Verfahren aus dem angegebenen Grunde einen grossen Theil seines Werthes verliert.

26) Da die Finsternisse von der Stellung des Mondes gegen die Erde und Sonne, also vom synodischen Monat und zugleich vom Eintreten des Mondes in die Ekliptik oder deren Nähe, also vom drakonischen Monat abhängen, so hat man, um zu ermitteln, nach welcher Zeit die Sonnen- und Mondfinsternisse wieder in derselben Ordnung wiederkehren werden, nur zu untersuchen, nach welcher Zeit eine Anzahl synodischer Monate mit einer Anzahl drakonischer Monate gerade eine gleiche Anzahl Tage enthält. Eine Antwort darauf liefern uns die Näherungswerthe des als Kettenbruch dargestellten Bruchs $\frac{27,21214}{29,580587}$. Der dem wahren Werthe schon ziemlich nahe Bruch $\frac{223}{224}$ zeigt, dass nach 223 synodischen Monaten, d. h. 18 bürgerlichen Jahren und 11 Tagen, die Aufeinanderfolge der Finsternisse wieder die frühere sein wird.

IV. Vom Monde abhängige Zeitbestimmungen.

27) *Mondjahr.* Manche Völker, z. B. die Türken, Araber u. s. w., bestimmen die Zeit nach *Mondjahren*, also nach der Wiederkehr gleicher Mondphasen. Ein Mondjahr enthält 12 synodische Monate oder 354,367044 Tage = 354 Tagen 8 St. 48 Min. 37,96 Sec. Die Monate werden abwechselnd zu 29 und 30 Tagen gerechnet. Die vernachlässigten Bruchtheile betragen deshalb in 30 Jahren fast genau 11 Tage, welche in den Jahren 2, 5, 7, 10, 13, 16, 18, 21, 24, 26, 29 der 30jährigen Periode an jedem Jahresschlusse eingeschaltet werden.

28) *Mondzirkel.* Mit diesem Namen belegt man den Zeitraum, nach welchem die Mondphasen wieder auf dieselben Monatstage des tropischen Jahres fallen. Es wird dies also ein Zeitraum sein, welcher gleich einer gewissen Anzahl (x) tropischer Jahre und gleichzeitig gleich einer gewissen Anzahl (y) synodischer Monate ist. Es findet also für denselben die Gleichung statt

$$365{,}24224 \,.\, x = 29{,}53059 \,.\, y.$$

Bestimmt man die Näherungswerthe des als Kettenbruch dargestellten Bruchs

$$\frac{x}{y} = \frac{29{,}53059}{365{,}24224},$$

so findet man als einen dem wahren Werthe sehr nahen Bruch $\frac{19}{235}$, so dass also ziemlich genau (Differenz c. $1\frac{1}{2}$ Stunde) 19 tropische Jahre = 235 synodischen Monaten sind. Dieser Zeitraum von 19 Jahren heisst der *Mondzirkel.* (Meton. 433 v. Chr.)

29) *Goldene Zahl.* Man hat den Anfang eines Mondzirkels auf das Jahr 1 v. Chr. gesetzt und nennt die Zahl, welche anzeigt, das wievielste ein gegebenes Jahr im Mondzirkel sei, die *goldene Zahl.* Man wird dieselbe deshalb finden, wenn man den Rest sucht, welcher bleibt, wenn man in eine um 1 vermehrte Jahreszahl mit 19 dividirt. So erhält man für das Jahr 1851

$$\frac{1+1851}{19} = \frac{1852}{19}$$

die Zahl 97 und den Rest 9. Es ist somit 9 die goldene Zahl des Jahres 1851. Bleibt bei der Division kein Rest, so ist 19 die goldene Zahl. (Wegen des beim Mondzirkel begangenen Fehlers musste natürlich die Bestimmung der Neumonde durch die goldene Zahl unrichtig werden. In der That fallen die Neumonde nach 310 Jahren um einen Tag und nach 1240 Jahren um vier Tage später, als die goldene Zahl angiebt.)

30) *Epakte (Mondzeiger).* Man versteht darunter die Zahl, welche angiebt, wie viel Tage nach dem letzten Neumonde am 1. Januar eines Jahres verflossen sind. (Kirchliche Epakte.) Fällt der Neumond in einem Jahre auf den 1. Januar, so ist

die Epakte dieses Jahres = 0, des folgenden, d. h. also des ersten Jahres im Mondzirkel = 11, des zweiten Jahres = 22. Die Epakte des dritten Jahres würde 33 sein; da aber in diesen Zeitraum wieder ein Neumond fällt, so ist ein synodischer Monat = 30 Tagen in Abzug zu bringen; die Epakte ist also = 3. Um die julianische Epakte zu finden, hat man demnach die goldene Zahl mit 11 zu multipliciren, und die Zahl 30, so oft als es angeht, zu subtrahiren; der Rest ist die julianische Epakte.

Da der gregorianische Kalender gegen den julianischen in diesem (dem 19ten) Jahrhundert um 12 Tage differirt, so wäre von der julianischen Epakte 12 zu subtrahiren; da aber die Correction der julianischen Epakte in dem Zeitraume seit der gregorianischen Verbesserung beinahe einen Tag beträgt, so hat man, um die gregorianische Epakte zu bestimmen, von der julianischen nur 11 zu subtrahiren, nachdem man, wenn es nöthig ist, zuvor 30 dazu addirt hat. (Für 1900 bis 2200 geht die Differenz in 12 über.) Für das Jahr 1851 ist die goldene Zahl (siehe 29.) = 9, folglich die julianische Epakte = $9.11 - 90 = 9$ und die gregorianische = $9 + 30 - 11 = 28$. Um eine allgemeine Regel zur unmittelbaren Bestimmung der gregorianischen Epakte aus der goldenen Zahl für das 19te Jahrhundert zu erlangen, haben wir nach dem Vorigen, wenn g die goldene Zahl und e die gregorianische Epakte eines Jahres bezeichnet:

$$g.11 - n.30 + 30 - 11 = e.$$

Da $+30$ nur dann hinkommt, wenn 11 sich nicht subtrahiren lässt, so können wir gleich n so gewählt denken, dass diese Subtraction ausführbar bleibt, und können deshalb auch schreiben

$$g.11 - n.30 - 11 = e,$$

$$\text{oder } (g-1)\,11 - n.30 = e,$$

$$\text{oder } \frac{(g-1)\,11}{30} = n + \frac{e}{30}.$$

Wir erhalten somit die Regel:

Um die gregorianische Epakte für ein gewisses Jahr des 19ten Jahrhunderts zu finden, multiplicire man die um 1

verminderte goldene Zahl dieses Jahres mit 11 *und dividire das Produkt durch* 30. *Der Rest giebt die Epakte an.*

Für das Jahr 1851 haben wir also

$$\frac{(9-1)\,11}{30} = \frac{88}{30} = 2+\frac{28}{30}.$$

Die Epakte ist also 28, wie oben auch gefunden wurde.

31) *Osterfest.* Auf dem Concilium zu Nicäa (325 n. Chr.) wurde festgesetzt, *dass Ostern an dem Sonntage gefeiert werden solle, welcher zunächst auf den ersten Vollmond nach dem Frühlingsäquinoctium folgt und dass letzteres stets auf den* 21. *März fallen solle. Fällt jener erste Vollmond selbst auf einen Sonntag, so soll Ostern auf den nächstfolgenden verlegt werden.* Es geht hieraus hervor, dass der Ostersonntag frühestens auf den 22. März fallen kann; dies wird nämlich geschehen, wenn der 21. März ein Sonnabend und zugleich ein Vollmondstag ist. Ist dagegen der 20. März ein Sonnabend und zugleich ein Vollmondstag, so fällt Ostern erst auf den Sonntag nach dem nächsten Vollmollmondstage, welches der 18. April und in diesem Falle ein Sonntag ist, so dass Ostern dann auf den 25. April fällt. Weiter hinaus kann der Ostersonntag nicht fallen.

Den Ostervollmond bestimmt man aus dem vorhergehenden Neumonde, indem man von letzterem 13 Tage (den Neumondstag nicht mit gerechnet) weiter zählt. Es ergiebt sich deshalb aus dem Vorhergehenden, dass die bestimmenden Neumondsgrenzen der 8. März und der 5. April sind. Da sich nun der zwischen diese Grenzen fallende Neumondstag aus der Epakte eines Jahres bestimmen lässt, so hat die Berechnung des Osterfestes für irgend ein Jahr keine Schwierigkeit mehr.*)

Die Epakte des Jahres 1851 ist 28, folglich ist den 3. Januar wieder Neumond, und der zwischen obigen Gren-

*) Die Berechnung des Osterfestes mittelst der Epakten stimmt nicht immer mit der astronomischen Berechnung überein, denn es kann treffen, dass der Ostervollmond nach letzterer in der Nacht auf den Sonntag vor Mitternacht, also noch am Sonnabend eintritt, während er nach den Epakten nach Mitternacht, also auf den Sonntag, fällt, und also Ostern erst 8 Tage später gefeiert wird. Früher bestimmten die Protestanten ihre Ostern nach

zen liegende Neumond fällt auf den 2. April, der Ostervollmond also auf den 15. April. Der Zeitraum vom 1. Januar bis 15. April ist = 105 Tagen = 15 Wochen, folglich ist den 15. April Dienstag. Da nun der nächste Sonntag der Ostersonntag ist, so fällt Ostern auf den 20. April.

Die Ostersonntage von 1860 bis 1883 sind:

1860.	8. April.	1868.	12. April.	1876.	16. April.
1861.	31. März.	1869.	28. März.	1877.	1. April.
1862.	20. April.	1870.	17. April.	1878.	21. April.
1863.	5. April.	1871.	9. April.	1879.	13. April.
1864.	27. März.	1872.	31. März.	1880.	28. März.
1865.	16. April.	1873.	13. April.	1881.	17. April.
1866.	1. April.	1874.	5. April.	1882.	9. April.
1867.	21. April.	1875.	28. März.	1883.	25. März.

Wir lassen zum Schluss noch eine Regel zur Berechnung des Osterfestes folgen, für welche der Beweis im dritten Theile mitgetheilt werden wird.

1) Man dividire die Jahreszahl der Reihe nach mit 19, 4 und 7, und nenne die Reste der Reihe nach A, B, C.

2) Dividire $19A+23$ (im 19. Jahrhundert, im 20. dagegen 24) durch 30 und nenne den Rest D.

3) Dividire $2B+4C+6D+4$ (im 19. Jahrhundert, im 20. dagegen 5) durch 7, und nenne den Rest E.

Dann fällt Ostern auf denjenigen *März*, den die Zahl $22+D+E$ anzeigt, oder falls $D+E>9$ ist, auf denjenigen *April*, den die Zahl $D+E-9$ anzeigt.

Zwei Ausnahmen hat diese Regel im gregorianischen Kalender. Giebt nämlich die Rechnung den 26. April, so ist der 19. zu nehmen und giebt sie den 25. April, und ist zugleich $D=18$ und $A>10$, so ist der 18. April zu nehmen.

Eine weitere Ausführung der Chronologie giebt der dritte Theil.

---

dem astronomischen Eintritt des Vollmonds und es traf sich deshalb, z. B. im Jahre 1724, dass sie ihr Osterfest 8 Tage früher feierten, als die Katholiken. Im Jahre 1775 wurde aber auch von den Protestanten der katholische Kalender als sogenannter verbesserter Reichskalender auf Friedrichs II. Befehl angenommen.

Achtes Kapitel.

Entfernung der Himmelskörper.

I. Bestimmung der Entfernung des Mondes.

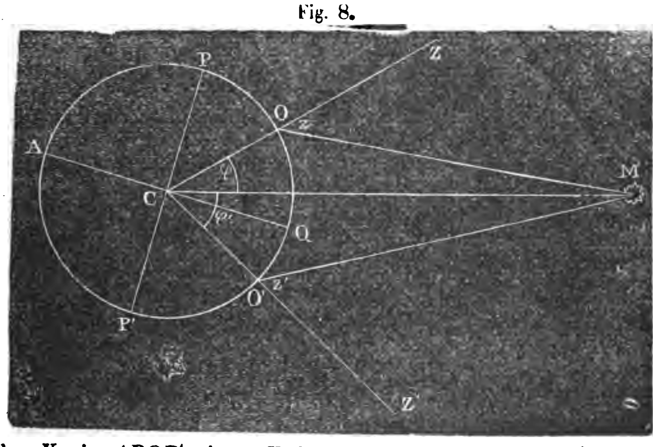
1) Die Entfernung zweier Orte A und B auf der Erdoberfläche, die so liegen, dass man von dem einen nicht zum andern kommen, wohl aber sehen kann, bestimmt man dadurch, dass man z. B. von A aus eine Standlinie AC absteckt und dann mit einem winkelmessenden Instrumente die Winkel BAC und BCA, welche die gemessene Standlinie mit den von A und C nach B gerichteten Gesichtslinien bildet, misst. Der Abstand AB lässt sich dann leicht durch die Proportion

$$AB : AC = \sin ACB : \sin (BAC + ACB),$$

in welcher Alles ausser AB gegeben ist, finden.

2) Ein ähnliches Verfahren lässt sich auch bei der Bestimmung der Entfernung der näheren Himmelskörper vom Mittelpunkte der Erde in Anwendung bringen. Es möge

Fig. 8.



der Kreis $APQP'$ einen Erdmeridian bezeichnen, PP' sei die Erdaxe, C der Erdmittelpunkt. Wir nehmen an, dass sich in O und O', also an zwei Orten der Erde, welche in einem und demselben Meridiane und auf verschiedenen Seiten des Aequators liegen, zwei Beobachter aufgestellt hätten: für

diese wird deshalb offenbar jeder Himmelskörper in demselben Momente culminiren. Bezeichnet nun z. B. *M* den Mond, so kann jeder Beobachter mit Leichtigkeit die scheinbare Zenithdistans des Mondes zur Zeit seiner Culmination beobachten, sie möge z und z' sein. Ferner ist, wenn AQ den Aequator bezeichnet,

$OCQ = b$ die geographische Breite des Orts O,
$O'CQ = b'$ „ „ „ „ „ O'.

Sind nun diese bekannt, so ist offenbar der Winkel OCO' $= b + b'$. In dem Vierecke $MOCO'$ sind nun 3 Winkel bekannt, $180^\circ - z$, $b + b'$ und $180^\circ - z'$, hieraus ergiebt sich mit Leichtigkeit die Grösse des 4ten Winkels

$$OMO' = z + z' - b - b'.$$

Ist nun der Erdradius $OC = OC' = r$ bekannt, so kennen wir in dem Vierecke $OCO'M$ zwei Seiten und die Winkel und können also die übrigen Seiten durch Rechnung finden. Setzen wir die noch unbekannten Winkel $OCM = \varphi$ und $O'CM = \varphi'$, so erhalten wir durch leichte trigonometrische Betrachtungen

$$\operatorname{tg} \tfrac{1}{2} [z - z' - (\varphi - \varphi')] = \frac{\operatorname{tg} \frac{1}{2} (z - z')}{\operatorname{tg} \frac{1}{2} (z + z')} \cdot \operatorname{tg} \tfrac{1}{2} (z + z' - b - b').$$

Mit Hülfe dieser Formel kann $\varphi - \varphi'$ gefunden werden; da nun auch $\varphi + \varphi' = b + b'$ bekannt ist, so kann man die einzelnen Winkel φ und φ' berechnen. Sind aber diese gefunden, so findet man $CM = x$ durch die Formel

$$x = \frac{r \sin z}{\sin (z - \varphi)} = \frac{r \sin z'}{\sin (z' - \varphi')}.$$

3) Die Bedingung, dass die beiden Beobachtungspunkte genau in einem und demselben Meridiane gewählt werden, ist sehr schwer zu erfüllen; doch ist dies auch gerade nicht nöthig. Wenn nur die Meridiane der beiden Orte einander ziemlich nahe stehen und man den Meridianunterschied kennt, so lassen sich die Resultate der Beobachtungen durch Interpolationen berichtigen.

Im Jahre 1751 machten *Lalande* und *Lacaille* die betreffenden Beobachtungen, ersterer zu Berlin, letzterer am Kap der guten Hoffnung, zwei Orten, die ziemlich in dem-

selben Meridiane liegen. Sie fanden die geocentrische Entfernung des Mondes

$$d = 58{,}5253 \text{ Aequator-Halbmesser.}$$

Da (vgl. S. 12) $\frac{r}{d} = \sin P$ ist, so erhalten wir für die Horizontalparallaxe des Mondes

$$P = 0^0\,58'\,44'',2.$$

II. Bestimmung der Horizontalparallaxe der Sonne.

1) *Halley's Vorschlag.* Das im Vorhergehenden angegebene Verfahren, die Entfernung des Mondes zu finden, lässt bei der Sonne keine Anwendung zu. Bei der ungeheuren Entfernung der Sonne würden nämlich die den Linien *OM* und *O'M* in voriger Figur entsprechenden Gesichtslinien nach der Sonne von parallelen Geraden kaum unterschieden werden können. Man musste deshalb auf ein anderes Verfahren denken. Lange Zeit jedoch suchte man vergeblich nach einem zweckdienlichen Mittel, bis denn endlich *Halley**) durch den auf St. Helena im Jahre 1677 beobachteten Durchgang des Merkurs durch die Sonnenscheibe auf den Gedanken kam, dass ein solcher Durchgang, oder noch besser aber ein Durchgang der Venus durch die Sonne, ein vortreffliches Mittel darbieten könnte, die Sonnenparallaxe zu finden. Er machte deshalb (im J. 1717) die künftigen Astronomen auf die bevorstehenden Venusdurchgänge am 26. Mai 1761 und am 3. Juni 1769 aufmerksam und forderte sie inbrünstig auf, diese günstigen Zeitmomente zur Bestimmung der Sonnenparallaxe nicht unbenutzt vorübergehen zu lassen. Dieser Aufforderung wurde denn auch Folge geleistet. Die Beob-

*) *Edmund Halley*, geb. zu Hagerson bei London am 20. Oct. 1656, löste schon in seinem 9. Jahre eine schwierige astronomische Aufgabe, betreffend die Abstände der Planeten von der Sonne und ihre Excentricität. Im J. 1676 wurde er von der Regierung nach St. Helena geschickt, um die südliche Himmelshemisphäre zu beobachten. Am berühmtesten hat ihn die Beobachtung des nach ihm benannten Kometen, wovon später die Rede sein wird, gemacht. Im J. 1703 wurde er Professor der Geometrie zu Oxford und 1720 Königl. Astronom zu Greenwich. Er starb am 14. Jan. 1742. Seine wichtigste literarische Arbeit sind seine „*Tabulae astronomicae.*“

achtungen im Jahre 1761 führten jedoch wegen mancherlei ungünstiger Verhältnisse nicht ganz zu dem gewünschten Resultate; desto grossartigere Vorbereitungen traf man zu den Beobachtungen für das Jahr 1769. Zahlreiche Astronomen wurden von den Fürsten verschiedener Länder nach den verschiedensten Theilen der Erdoberfläche ausgesandt: von England *Dymond* und *Wales* nach Nordamerika, *Call* nach Madras, *Green* nach Otaheiti; von Russland *Rumovsky* nach Kola, *Pictet* nach Umba, *Mallet* nach Ponoi und verschiedene Andere nach verschiedenen Gegenden Russlands selbst; von Dänemark *Hell* nach Wardoe. Ausser diesen stellten noch viele Astronomen in Europa Betrachtungen an, wie *Cassini* in Paris, *Hornsbey* in Oxford, *Ackermann* in Kiel, *Lagrange* zu Mailand und viele Andere. Die Sonnenparallaxe wurde durch Vergleichung dieser Beobachtungsresultate gefunden = 8″,57116.*)

2) *Benutzung der Venusdurchgänge.* Es sei *AB* (Fig. 9.)

Fig. 9.



der Durchmesser, welcher senkrecht auf der Ekliptik steht, *aVb* sei die Bahn der Venus *V* und *S* die Sonne. Wir betrachten der Einfachheit wegen die Erde als ruhend und geben der Venus die Differenz der Bewegungen beider Pla-

*) In neuerer Zeit hat *Babinet* Bedenken gegen die Richtigkeit dieser von *Encke* bestimmten Sonnenparallaxe geltend gemacht. Derselbe findet nämlich durch Interpolation die Dichtigkeit der Venus = 1,0726 (die der Erde = 1), hieraus den Durchmesser der Erde in der mittleren Entfernung der Sonne = 19″,26 und mithin die Parallaxe der Sonne = 9″,63, welche um 1″,06 von der Encke'schen Bestimmung abweicht.

neten. Für einen Beobachter in A wird die Venus den Weg cd, für einen Beobachter in B dagegen den Weg CD durch die Sonne nehmen. Zu gleicher Zeit werden beide Beobachter die Venus, der eine in m, der andere in n erblicken. Die Verbindungslinie dieser beiden Punkte, mn, wird ebenfalls auf der Ekliptik senkrecht stehen, und es sind deshalb die Dreiecke mnV und ABV ähnlich, und es ist demnach

$$mn : AB = mV : AV.$$

Für das Verhältniss $mV : AV$ können wir jedoch auch das Verhältniss $\alpha : \alpha'$ setzen, wenn wir durch α den Abstand der Venus vom Mittelpunkte der Sonne und durch α' den Abstand der Venus vom Mittelpunkte der Erde bezeichnen. Dieses Verhältniss lässt sich aber nach dem dritten *Kepler*'schen Gesetze aus den Umlaufszeiten der Venus und Erde berechnen. — Man findet hieraus das Verhältniss des Erdabstandes von der Sonne zum Venusabstand von der Sonne

oder $$\alpha + \alpha' : \alpha = 1 : 0{,}723$$
$$= 1000 : 723$$
und also $$\alpha' : \alpha = 277 : 723,$$
also ungefähr $$= 1 : 2{,}5\ldots$$

Hieraus ergiebt sich mit Rücksicht auf das Obige auch

$$mn = 2{,}5 . AB = \tfrac{5}{2}\, AB.$$

Denken wir uns nun noch A und B mit dem Mittelpunkte der Sonne verbunden und ausserdem auch noch An gezogen, so ist ASB offenbar die doppelte Sonnenparallaxe. Da nun ASB und mAn sehr kleine Winkel sind, so kann man für ihr Verhältniss das ihrer Sehnen, also

$$ASB : mAn = AB : mn$$

setzen. Demnach ist

$$ASB = \tfrac{2}{5} . mAn,$$

und folglich die Sonnenparallaxe

$$p = \tfrac{1}{5} . mAn.$$

Hätte man nun den Winkel $mAn = 40''$ durch Beobachtung gefunden, so würde sich hieraus

$$p = 8''$$

als Sonnenparallaxe ergeben. Das Vortheilhafte bei diesem Verfahren, die Sonnenparallaxe zu bestimmen, liegt namentlich darin, dass ein Beobachtungsfehler beim Winkel mAn

sich bei der Parallaxe auf ein Fünftel seiner Grösse reducirt, oder fünfmal kleiner ist. Dieser Umstand ist es auch namentlich, welcher die Venusdurchgänge zur Auffindung der Sonnenparallaxe geschickter macht, als die des Merkur, bei welchem ein Beobachtungsfehler nur auf ein Drittel reducirt wird. Dazu kommt, dass der Winkel mAn nicht direct beobachtet werden kann, sondern aus den beobachteten Eintritts- und Austritts-Zeiten der Venus in d, c und D, C in vortheilhafter Weise abgeleitet wird.

3) *Entfernung der Sonne.* Wir haben früher (vgl. S. 12) gesehen, dass

$$\sin P = \frac{r}{d},$$

$$\text{also} \qquad d = \frac{r}{\sin P} \text{ ist.}$$

Setzen wir nun den Erdradius $r = 859{,}4366$ geogr. Meilen, so erhalten wir

$$d = \frac{859{,}4366}{\sin 8'',57116} = 20683010 \text{ geogr. Meilen.}$$

III. Jährliche Parallaxe der Fixsterne.

Während sich bei der Sonne und den Planeten noch eine Parallaxe auffinden lässt, haben alle Versuche bei den Fixsternen durchaus keine solche ergeben; ein Beweis, dass der Erddurchmesser gegen die unermessliche Entfernung jener Himmelskörper eine durchaus verschwindende Grösse ist. Auf diesem Wege war also keine Aussicht vorhanden, je einmal ein Mittel zur Auffindung ihrer Entfernungen von der Erde zu erhalten. Man musste sich deshalb nach einer grösseren Basis umsehen. Diese fand man denn auch an dem Durchmesser der Erdbahn. Den Gesichtswinkel, unter welchem dieser in einem Fixsterne erscheint, nannte man die *jährliche Parallaxe*, und im Gegensatze die früher besprochene die *tägliche*. Doch auch die Untersuchungen dieser jährlichen Parallaxe führten im Allgemeinen zu keinem glücklichen Resultate. Nur bei sehr wenigen Fixsternen ist es bis jetzt gelungen einen angebbaren Werth dafür aufzufinden. Zuerst

fand *Bessel**) für den Doppelstern *Zygni* im Schwan eine jährliche Parallaxe $+0'',3136 \pm 0'',0202$ (als wahrscheinlichen Fehler), woraus sich eine Entfernung von mehr als 13 Billionen Meilen ergiebt. Dann fand *Henderson* für α^1 und α^2 im Centaur eine jährliche Parallaxe $= 1'',16 \pm 0'',11$; woraus eine Entfernung von mehr als $3\frac{1}{2}$ Billionen Meilen folgt. Gleichzeitig fand noch *Struve* für α in der Leyer eine jährliche Parallaxe $= 0'',2613 \pm 0'',0254$; woraus eine Entfernung von ziemlich 16 Billionen Meilen folgt. Ausser diesen haben nur noch wenige andere Fixsterne eine jährliche Parallaxe ergeben, und müssen deshalb die übrigen auch die vorgenannten ungeheuren Entfernungen noch übersteigen.

IV. Strahlenbrechung (Refraction).

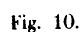
1) *Allgemeine Brechungsgesetze.* Wenn ein Lichtstrahl von einem durchsichtigen Mittel in ein anderes solches von verschiedener Dichtigkeit unter einem schiefen Winkel übergeht, so wird er von seiner ursprünglichen Richtung abgelenkt; ein rechtwinklig einfallender Strahl geht hingegen ungebrochen durch. Geht der Lichtstrahl aus seinem dünnern Mittel in ein dichteres über, so macht der gebrochene Strahl mit dem sogenannten Einfallslothe einen kleineren Winkel, als der vorher noch ungebrochene. Der einfallende Strahl, der gebrochene und das Einfallsloth liegen jederzeit in derselben Ebene. Denkt man sich nämlich durch den einfallenden Strahl und das Einfallsloth eine Ebene gelegt, so theilt diese die Schichten so, dass auf beiden Seiten überall gleiche Dichtigkeit derselben ist, so dass kein Grund

---

*) *Friedrich Wilhelm Bessel*, Geh. Regierungsrath und Professor der Astronomie in Königsberg, geb. am 22. Juli 1784 in Minden. Er wurde im 15. Jahre Handlungslehrling in Bremen, beschäftigte sich dabei aber im Geheimen mit Geographie, Nautik, Mathematik und Astronomie. Eine von ihm verfasste astronomische Schrift machte Olbers auf ihn aufmerksam, auf dessen Empfehlung er nach Lilienthal zu Schröter kam. Von hier nach Königsberg berufen, baute er 1812—13 die dasige Sternwarte. Besondere Verdienste erwarb er sich durch die Berechnung des im Jahre 1807 erschienenen Kometen, durch seine Untersuchungen über die Länge des Secundenpendels und namentlich durch seine vielfachen astronomischen Untersuchungen. Er starb im Jahre 1846.

da ist, weshalb der Lichtstrahl nach der einen oder andern Seite ausbiegen sollte.

2) *Astronomische Strahlenbrechung.* Da jede Luftart ebenfalls ein strahlenbrechendes Medium ist, und da die Erde überall von atmosphärischer Luft umgeben ist, so folgt daraus, dass ein von einem Himmelskörper ausgehender Lichtstrahl nicht ungebrochen in unser Auge gelangen kann. Hierzu kommt noch, dass die Luft von oben nach unten an Dichtigkeit zunimmt. Denken wir uns die Atmosphäre in lauter kleine Schichten, jede von gleicher, die einzelnen aber von zunehmender Dichtigkeit, getheilt, so würde ein durchgehender Lichtstrahl bei jeder neuen Schicht nach dem Einfallslothe (d. h. hier dem verlängerten Erdradius) gebrochen werden, und derselbe also aus einer vielfach gebrochenen Linie bestehen. Da aber keine Schicht, wenn wir uns auch eine noch so schwache dächten, gleichförmige Dichtigkeit hat, diese vielmehr continuirlich von oben nach unten zunimmt, so wird der Weg des Lichtstrahls eine krumme Linie (Curve) bilden, von der wir mit Rücksicht auf die allgemeinen Brechungsgesetze annehmen dürfen dass sie in einer Ebene liege und gegen die Oberfläche der Erde concav sei. Ist nun (Fig. 10.) S ein Gestirn und SP ein von diesem kommender Lichtstrahl, der bei P in die Erdatmosphäre tritt, so wird dieser von P ab in der Curve PO fortgehen und bei O ins Auge gelangen. Nun sieht aber das Auge einen Gegenstand in der Richtung, in welcher der von dort kommende Lichtstrahl in dasselbe gelangt. Deshalb wird das Auge O den Stern S in T, d. h. in der an den Punkt O an die Curve gezogenen Tangente TO erblicken. Ziehen wir $Cs \parallel PS$, so wird sCZ für die wahre Zenithdistans des Sterns S gesetzt werden können. Nun wird aber der Stern in T



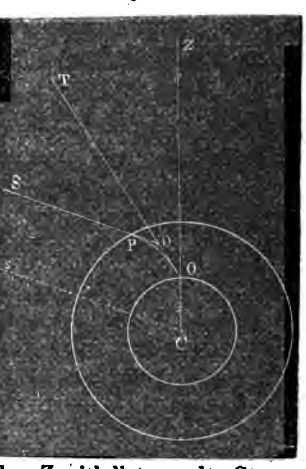


Fig. 10.

erblickt und deshalb die Zenithdistans $= T'OZ$, also zu klein gefunden. Der Winkel SQT, d. h. der Winkel, welchen die an beide Enden der Curve gezogenen Tangenten einschliessen, und um welchen die wahre Zenithdistans zu klein gefunden wird, heisst die *astronomische Strahlenbrechung.*

3) *Folgen der Strahlenbrechung.* Es ist bereits erwähnt worden, dass die Zenithabstände durch dieselbe vermindert werden, mithin werden die Höhen der Gestirne vergrössert. Die Azimuthe erleiden jedoch keine Veränderung, da der Lichtstrahl in demselben Vertikalkreise bleibt. Dies muss die Folge haben, dass wir die Gestirne schon erblicken, wenn sie noch unter unserem Horizonte stehen und diese ebenso noch eine Zeitlang sichtbar bleiben, wenn sie bereits unter denselben gestiegen sind. Somit bewirkt die Refraction eine Verlängerung des Tages. Ein von einem im Zenith stehenden Gestirn kommender Lichtstrahl erleidet keine Brechung.

Man hat Tafeln entworfen, mit deren Hülfe man für jede Zenithdistans die entsprechende Refraction finden kann. Wenn wir im Früheren von Höhen, Zenithdistanzen u. dgl. gesprochen haben, so haben wir immer die von der Refraction befreiten gemeint.

Neuntes Kapitel.

Natürliche Beschaffenheit der Himmelskörper.

I. Die Sonne (☉).

Die Sonne übertrifft sowohl an Masse als an Grösse (Rauminhalt) alle einzelnen Planeten, sie übertrifft sogar alle Planeten zusammen als ein Ganzes gedacht noch bedeutend. Ihre Masse ist 355000 Mal grösser als die Erde, und selbst noch 700 Mal grösser als die aller übrigen Körper des Planetensystems zusammengenommen. Der Durchmesser der Sonne beträgt 188000 deutsche Meilen und sie hat deshalb eine Oberfläche von 111000 Millionen Quadratmeilen und einen Cubikinhalt von 3500 Billionen Cubikmeilen. Dächten

wir uns die Erde im Centrum der Sonne und stellten uns vor, der Mond bewegte sich im innern, hohl gedachten, Raume der Sonne um die Erde, so würde doch noch eine Kugelschaale von der Sonne übrig bleiben von einer Dicke, die nahe dem Durchmesser des ausgehöhlt gedachten Raumes gleich käme.

Um die Dichtigkeit eines Körpers zu finden, muss man die Masse durch das Volum dividiren. Darnach erhält man für die Sonne nahe $\frac{1}{4}$, also nur den vierten Theil von der Erddichtigkeit.

Ein fallender Körper legt auf der Sonne in der ersten Secunde einen Raum von 430 Fuss zurück.

Was die physische Beschaffenheit der Sonne anlangt, so haben die Beobachtungen der totalen Sonnenfinsterniss am 18. August 1868 sehr wichtige Aufschlüsse gegeben. Wir sind gegenwärtig berechtigt, uns die Sonne vorzustellen als einen weissglühenden, noch wenig consistenten Körper, umgeben von einer Atmosphäre, die bei der überaus hohen Temperatur der Sonne Stoffe in Gasform enthält, welche auf unserer Erde in gewöhnlichem Zustande nur fest oder flüssig vorkommen. Diese Stoffe sind nun durch die von *Bunsen**) und *Kirchhoff***) erfundene sogenannte Spectral-Analyse genau nachgewiesen worden. Vermittelst eines optischen Apparates nämlich, den man *Spectroscop* nennt, ist man im Stande, Quantitäten eines Stoffes nachzuweisen, die so gering sind, dass man sie durch keine chemische Analyse auffinden vermag. Bedingung ist hierbei, dass die zu untersuchenden Stoffe sich in gasförmigem und glühendem Zustande befinden, mithin als Flammen erscheinen. Durch den genannten Spectral-Apparat wird nämlich ein einfacher farbloser Lichtstrahl in die Regenbogenfarben zerlegt und das Auge gewahrt in dem Apparate einen farbigen Streif, der in derselben Reihenfolge, wie der Regenbogen, die Farben Roth, Orange-

---

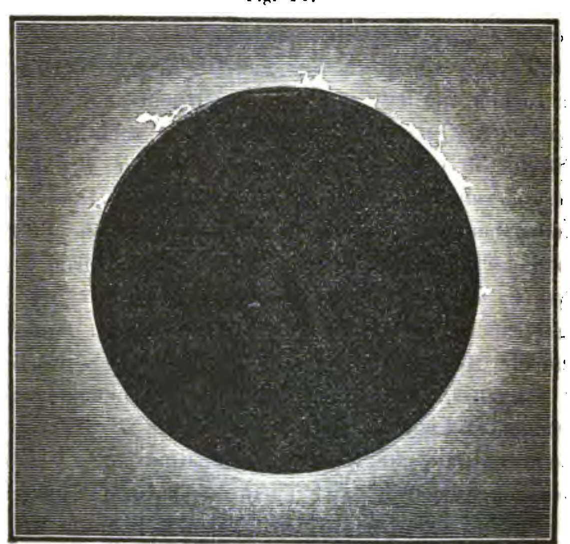
*) *Robert Wilhelm Bunsen*, geb. am 31. März 1811 in Göttingen, Prof. der Chemie in Heidelberg.

**) *Gustav Robert Kirchhoff*, geb. 12. März 1824 in Königsberg i. Pr., [illegible]f. der Physik in Heidelberg.

gelb, Grün, Hellblau, Dunkelblau und Violett zeigt und Spectrum genannt wird. Ausser diesen Farben zeigt sich aber im Spectroscop noch eine andere Erscheinung; es ist nämlich das Spectrum von einer Menge schwarzer Linien, sogenannter Frauenhoferscher Linien, durchbrochen. Diese Linien gehören lediglich zur Natur des Sonnenlichts und sind im Spectrum einer anderen weissen, von glühenden festen oder flüssigen Körpern erzeugten Lichtquelle nicht zu finden. Wohl aber zeigt sich etwas Aehnliches bei gasförmigen Stoffen im Zustande des Glühens. Während nämlich weissglühende feste oder flüssige Körper ein sogenanntes continuirliches Spectrum zeigen, d. h. ein Spectrum, bei welchem die einzelnen Farben von Roth bis Violett durch keine Querlinien unterbrochen werden, so treten bei leuchtenden gasförmigen Stoffen solche Querlinien auf und zwar je nach Beschaffenheit des Stoffes in verschiedenen Farben, Dicken, Distanzen und in besonderen characteristischen Stellungen. Diese Erscheinungen gaben nun der Hoffnung Raum, auch die Stoffe, aus welchen der Sonnenkörper bestehen möchte, durch Spectral-Analyse zu bestimmen. Es handelte sich nur noch darum, Gelegenheit zu finden, das Licht der Sonnen-Atmosphäre, welche die Stoffe des glühenden Sonnenkörpers in Gasform enthalten muss, ohne Hinzutritt des vom Sonnenkörper selbst ausstrahlenden Lichtes zu beobachten. Man war nicht in Zweifel darüber, dass die in der Sonnenatmosphäre enthaltenen gasförmigen Körper für sich allein aus farbigen Linien bestehende Spectra erzeugen würden, wenn sich hinter denselben nicht das continuirliche Sonnenspectrum befände und jene Linien nicht mehr farbig, sondern dunkel, als Frauenhofersche Linien, erscheinen liesse. Diese Gelegenheit nun, wo die Sonnenatmosphäre für sich allein durch das Spectroscop beobachtet werden konnte und wo das, was bisher nur Hypothese war, zur Gewissheit werden musste, bot die totale Sonnenfinsterniss am 18. August 1868. Im Momente der totalen Verfinsterung der Sonne wurde es nämlich möglich, deren Atmosphäre allein durch das Spectroscop zu beobachten und sofort entstanden die verschiedensten farbigen Linien im Spectrum, die nach ihrer verschiedenen Beschaffenheit es unzweifelhaft gemacht haben,

dass in der Sonne folgende Körper: Barium, Zink, Kupfer, Kobalt, Nickel, Eisen, Mangan, Chrom, Magnesium, Calcium, Natrium, Sauerstoff und Wasserstoff enthalten sind. Es sind dies merkwürdiger Weise Stoffe, die, ausser Barium, auch in den Meteorsteinen gefunden werden. Bei der Sonne hat man noch nicht entdeckt: Gold, Silber, Zinn, Blei, Arsen, Antimon, Strontian u. s. w., aber man darf auch die Spectral-Analyse derselben noch nicht für abgeschlossen betrachten und deshalb die Behauptung aufrecht erhalten, dass alle Weltkörper aus denselben Stoffen zusammengesetzt sind.

Fig. 11.



Ein ganz besonderes Interesse nahmen ausser den erwähnten Beobachtungen noch die der sogenannten *Protuberanzen* oder *Sonnenfackeln* (Fig. 11.) in Anspruch. Man versteht darunter die über den verfinsternden Mond bergartig sich aufthürmenden Hervorragungen der Sonnenatmosphäre. In neuerer Zeit ist es sogar dem Engländer *Lockyer* und dem Franzosen *Jansen* gelungen, diese Protuberanzen auch ohne Verfinsterung der Sonnenscheibe am Rande der Sonne zu erkennen und ist dasselbe auch dem Dr. *Tietjen*, einem Mitgliede der preussischen Expedition nach Indien, am 21. November 1868 gelungen.

Auf der Oberfläche der Sonne bemerkt man mitunter dunklere Stellen, bisweilen von ungeheurer Grösse, umgeben mit grauen Rändern; man nennt diese *Sonnenflecken*. Man erklärt sich diese Flecken durch die Annahme, dass die Oberfläche des Sonnenkörpers anfängt aus dem flüssigen Zustande in einen mehr zähen, wenn auch nicht festen, überzugehen. Wäre diese Annahme zutreffend, so würde auch eine Erklärung für die Protuberanzen gefunden sein. Man hätte nämlich in diesem Falle die Sonnenflecken als schlackenartige Gebilde aufzufassen, welche die von unten kommende Gluth etwas abhalten und deshalb die Sonnen-Atmosphäre etwas abkühlen würden. Die Folge davon müsste wieder sein, dass die über den Schlacken befindlichen gasförmigen Stoffe der Sonnenatmosphäre sich zu Dünsten verdichteten, deshalb aber nach und nach herabsinken und einem Verbrennungsprocesse ausgesetzt werden würden, welcher sich uns als Protuberanz darstellt. Eine Unterstützung findet diese Annahme noch in der Thatsache, dass Protuberanzen stets an solchen Stellen hervortreten, an welchen vorher Sonnenflecken beobachtet wurden.

Die Sonnenflecken bewegen sich sämmtlich von Ost nach West, ändern aber bei dieser Bewegung vielfach ihre Gestalt. Hieraus lässt sich ein doppelter Schluss ziehen; erstens deutet die Veränderlichkeit, das plötzliche Entstehen und Verschwinden solcher Flecken auf grosse Revolutionen auf der Sonnenoberfläche oder in der Sonnenatmosphäre, zweitens aber beweist der Umstand, dass diese Flecken sämmtlich in ungefähr 13 Tagen über die Sonnenscheibe hinwegeilen und nach einer gleichen Zeit am entgegengesetzten Rande wieder zum Vorschein kommen, dass die Sonne eine Axendrehung hat. Die Zeit einer solchen Rotation beträgt, da die Bewegung der Erde mit in Betracht zu ziehen ist, ungefähr 25,12 Tage.

Der Umstand, dass die Sonne eine Axendrehung hat, macht es fast zur Gewissheit, dass sie sich auch im Weltenraume fortbewege, da wir rotirende und fortschreitende Bewegung bei den Himmelskörpern stets gepaart finden.

II. Der Merkur (☿).

Er ist der der Sonne am nächsten stehende Planet*), seine mittlere Entfernung von ihr beträgt 0,387 Erdbahnhalbmesser oder 8082000 Meilen. Seine Bahn ist eine im Vergleich mit allen übrigen Planetenbahnen sehr langgezogene Ellipse und deshalb ist seine Entfernung von der Sonne sehr verschieden: im Aphelium 9752000, im Perihelium dagegen nur 7413000 Meilen. Der Erde nähert er sich bis auf 10 Millionen Meilen, ist aber bei seiner grössten Entfernung 30 Millionen Meilen von ihr entfernt. Er hat einen Halbmesser von 300 Meilen und deshalb eine Oberfläche von 1073000 Quadratmeilen und einen Inhalt von 104 Millionen Cubikmeilen. Sein Volum ist nur $\frac{1}{25}$ vom Volum der Erde und er hat deshalb eine beinahe 4 Mal so grosse mittlere Dichtigkeit, als die der Erde ist. Die Fallgeschwindigkeit auf dem Merkur beträgt in der ersten Secunde 14,1 Fuss.

Seine Bahn um die Sonne, welche eine Neigung von 7° gegen die Ekliptik hat, legt er in Bezug auf die Fixsterne in 87,969 und in Bezug auf die Nachtgleichen in 87,968 Tagen zurück. (Siderisches und tropisches Jahr des Merkur.)

Wegen der grossen Nähe des Merkur bei der Sonne ist ersterer 7 Mal stärker erleuchtet, als unsere Erde, und in demselben Verhältnisse wird vielleicht auch die Erwärmung durch die Sonne stehen. Diese grosse Nähe bei der Sonne ist auch der Grund, dass der Merkur trotz seines intensiven weissen Lichts doch mit blossen Augen schwer gefunden wird. Er zeigt, wie die Venus, Lichtphasen. Die nicht scharfe Begrenzung derselben, vorzüglich aber die Beobachtung der Aufhellung und Verdunkelung einzelner Stellen auf der Oberfläche des Merkur, machten es gewiss, dass derselbe eine Atmosphäre hat. Die Beobachtung der Licht-

---

*) Die Existenz eines der Sonne noch näher stehenden ist wenigstens zweifelhaft. *Coumbary* beobachtete am 8. Mai 1865 einen kleinen schwarzen Fleck, der mit einer Schnelligkeit, welche die der benachbarten Sonnenflecken ums Doppelte übertraf, sich vor der Sonnenscheibe bewegte. Eine Bestätigung dieser Wahrnehmung haben jedoch spätere Beobachtungen nicht ergeben

phasen gab auch ein Mittel an die Hand, die Rotation des Merkur zu begründen und wurde ihre Zeitdauer nahe gleich der der Erde gefunden. Da die Bahn des Merkur unter einem Winkel von 20° gegen den Aequator desselben geneigt ist, so deutet dies auf ähnliche Verschiedenheit der Jahreszeiten auf dem Merkur, wie auf der Erde.

Der Merkurdurchgänge durch die Sonne ist bereits gedacht worden.

III. Die Venus (♀).

Die Venus kommt von allen Planeten der Erde am nächsten. In ihrer unteren Conjunction ist sie nur 5 Mill. Meilen von der Erde entfernt, in der oberen Conjunction hingegen 35 Millionen Meilen. Deshalb erscheint sie uns auch von verschiedener Grösse. Sie hat ein sehr intensives weisses Licht und wirft sogar einen deutlich wahrnehmbaren Schatten. Die Bahn der Venus hat eine nur geringe Excentricität, deshalb entfernt sich dieser Planet nicht sehr von der Sonne und wir sehen sie in der Dämmerung kurz nach Sonnenuntergang am westlichen Himmel, und so auch kurz vor Sonnenaufgang am östlichen Himmel. Ihre mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 0,723 Halbmesser der Erdbahn oder 15 Millionen Meilen.

Der Durchmesser der Venus beträgt 1680 M., die Oberfläche 8376000 Quadratmeilen. Die Masse dieses Planeten beträgt $\frac{9}{10}$ der Erdmasse, und das Volum $\frac{8}{10}$ des Erdvolums, so dass also die Dichtigkeit der Venus $\frac{9}{8}$ von der Dichtigkeit der Erde ist. Der Fall eines Körpers auf der Venus beträgt in der ersten Secunde 15,87. Die siderische Umlaufszeit der Venus um die Sonne beträgt 224,701 Tage, die tropische 224,595, die synodische Revolution endlich 583,921 Tage. Die Bahnneigung ist = 3° 23′.

Dass die Venus eine Atmosphäre hat, erkannte *Schrőter**) an der deutlich wahrnehmbaren Dämmerung in den

*) *Johann Hieronymus Schröter*, geb. 1745 zu Erfurt, 1778 bei der Hannöverschen Regierung angestellt, später Oberamtmann in Lilienthal im Herzogthum Bremen, wo er eine Sternwarte errichtete, die aber 1813 von den Franzosen niedergebrannt wurde; 1803 Justizrath, starb 1816

Gegenden, für welche die Sonne auf- oder unterging, ausserdem auch an wolkenartigen Verdunkelungen. Lichte Punkte, die man auf der Nachtseite der Venus erblickt, deuten auf sehr hohe Berge. Die genannten lichten Punkte geben auch die Gewissheit, dass die Venus eine Axendrehung hat. *Schröter* fand die Zeit der Rotation = 23 St. 21 Min. Den Neigungswinkel ihrer Axe gegen die der Venusbahn hat man gegen 72° gefunden, woraus man auf sehr grosse Verschiedenheiten der Jahreszeiten schliessen muss.

Der Phasen der Venus, sowie deren Durchgänge durch die Sonne ist schon früher gedacht worden.

IV. Der Mars (♂).

Der Mars, der erste der oberen Planeten, welcher leicht an seiner trübröthlichen Farbe erkannt wird, hat eine mittlere Entfernung von der Sonne von nahe 32 Millionen Meilen, im Perihelium nämlich ist er 29, im Aphelium hingegen 35 Millionen Meilen von der Sonne entfernt, und es ist somit seine Bahn, welche 1° 51′ gegen die Ekliptik geneigt ist, eine ziemlich langgestreckte Ellipse. Die Entfernungen des Mars von der Erde liegen zwischen 7 und 54 Millionen Meilen. Der Durchmesser des Mars beträgt 1000 (nach *Hansen* 892) geogr. Meilen. Das Volum beträgt 467 Millionen Cubikmeilen, also blos $\frac{1}{5}$ des Volums der Erde.

Die siderische Umlaufszeit des Mars beträgt 686,980 Tage, die tropische 686,930 Tage, und er legt mit seiner mittleren Geschwindigkeit in einer Secunde $3\frac{1}{3}$ Meilen zurück. Ueber die Masse dieses Planeten hat man keine genauen Angaben, man nimmt sie = $\frac{1}{10}$ von der Masse der Erde an, während man die Dichte = $\frac{7}{10}$ von der mittleren Dichte der Erde annimmt; hieraus bestimmt sich der Fallraum in der ersten Secunde auf dem Mars = $6\frac{3}{10}$ Fuss.

Durch Beobachtung der bräunlichen, wahrscheinlich das Festland bezeichnenden Flecken fand man die Dauer der täglichen Rotation des Mars = 24 St. 40 Min.

Lilienthal. Er machte in der Astronomie viele wichtige Entdeckungen, vorzüglich in Betreff des Mondes und der Planeten, wobei ihm besonders sein selbstverfertigtes 25füssiges Teleskop vorzügliche Dienste leistete. Er hat zahlreiche astronomische Schriften herausgegeben.

In Betreff der Atmosphäre des Mars haben die bisherigen Beobachtungen noch keine zuverlässigen Resultate geliefert. Blendend weisse Flecken an den Polen des Planeten lassen auf grosse Eis- und Schneefelder schliessen. Mit deren Hülfe fand man die Ekliptikschiefe des Mars = 28° 42″, weshalb die Jahreszeiten auf dem Mars den unsrigen ziemlich analog sein müssen.

V. Die Gruppe der Planetoiden oder Asteroiden.

Die Entdeckung dieser verhältnissmässig sehr kleinen Planeten gehört erst dem jetzigen Jahrhundert an. Schon *Kepler* soll vermuthet haben, dass in dem Bereiche zwischen Mars und Jupiter noch ein Planet sich finden müsste. Nach ihm wies *Bode* im J. 1772 auf das Vorhandensein eines Planeten an dieser Stelle hin. Statt eines Planeten hat man aber bis jetzt deren eine grosse Zahl gefunden, von denen zur Zeit noch mehrere ohne Namen sind. Nach der Berechnung *Le Verriers* beträgt die Gesammtmasse dieser kleinen Planeten höchstens $\frac{1}{3}$ der Erdmasse.

Die Entdeckung der vier ersten fällt in die sieben ersten Jahre des jetzigen Jahrhunderts, es sind dies 1. *Ceres* (⚳), entdeckt am 1. Jan. 1801 durch *Piazzi* in Palermo, 2. *Pallas* (⚴), entdeckt am 28. März 1802 von *Olbers* in Bremen, 3. *Juno* (⚵), entdeckt am 1. Sept. 1804 von *Harding* in Lilienthal und 4. *Vesta* (⚶), entdeckt am 29. März 1807 von *Olbers* in Bremen. Mit diesen schien die Zahl der Planetoiden geschlossen, bis am 19. Dec. 1845 von *Hencke* in Driesen mit der *Asträa* die grosse Reihe neuer Entdeckungen eröffnet wurde.

Auf den Vorschlag des Herrn *Gould* hat man sich geeinigt, die neuen Planeten von Asträa an durch einen Kreis zu bezeichnen, welcher im Innern die Zahl enthält, welche jedem Planeten nach der Zeitfolge seiner Entdeckung zukommt, also von Asträa an 5, 6 etc.

Wir unterlassen eine Aufzählung dieser Planetoiden, deren Namen, beiläufig bemerkt, im Ganzen sehr übel gewählt sind, da mehrere, wie *Iris* und *Isis*, *Thetis* und

Themis, in Wort und Schrift gar leicht verwechselt werden können.*)

Durch die bedeutenden Excentricitäten ihrer Bahnen treten die Planetoiden den Kometen näher. Dies ist aber noch mehr der Fall in Betreff ihrer Atmosphären, die zuweilen von ungeheurer Ausdehnung sind und diese Himmelskörper fast in Nebel hüllen.

Ueber die Durchmesser der Planetoiden weiss man noch nichts Genaues. Nach *Schröter* betragen ihre grössten Durchmesser bei Vesta 59, bei Juno 308, bei Ceres 350 und bei Pallas 452 Meilen. Da die Dichtigkeit der Atmosphäre natürlich keine Flecken auf diesen Planeten sichtbar werden lässt, so fehlen auch die Mittel, ihre Rotation festzustellen.

Bei der Kleinheit dieser Planeten muss es befremden, dass sie gleichwohl in so starkem Lichte erscheinen, was zu dem Schlusse führt, dass sie entweder ihr eigenes Licht haben, oder dass wenigstens ihre Oberfläche aus solchen Stoffen bestehe, die eine starke Lichtspiegelung verursachen.

Die Kleinheit dieser Planeten ist Ursache, dass sie von dem ihnen nächsten ungeheuren Planeten, dem Jupiter, aus ihren Bahnen gezogen werden. Diese Störungen sind nun den Astronomen namentlich deshalb von besonderem Interesse, weil sie ein Mittel geben, die Masse des letzteren genau zu bestimmen.

Die Bahnneigungen der kleinen Planeten sind ziemlich bedeutend, bei Pallas 34°.

VI. Der Jupiter (♃).

Er ist kenntlich an seinem hellgelben intensiven Lichte. Seine mittlere Entfernung von der Sonne ist 108½ Millionen Meilen. Von der Erde ist er zwischen 49 und 130 Millionen Meilen entfernt. Sein Durchmesser ist 19980 Meilen. Seine Oberfläche ist demnach 121 und sein Volum 1333 Mal grösser als das der Erde. Die Dichtigkeit der Masse ist ¼

*) Das klassische Alterthum, aus dem man nun einmal angefangen hat, die Planeten mit Namen zu versehen, ist noch so reich an Namen, dass man wahrlich nicht nöthig hat, zu so sonderbaren Bezeichnungen seine Zuflucht zu nehmen, wie sie in neuerer Zeit vorgeschlagen worden sind.

von der der Erde. Er hat 3 Mal so viel Masse, als alle Planeten zusammen.

In seiner Bewegung um die Sonne, welche in einer Ellipse von sehr geringer Excentricität Statt hat, legt er in einer Secunde nur 1,7 Meilen zurück, und vollendet einen solchen Umlauf in beinahe 12 Jahren. In 10 Stunden dreht er sich um seine Axe. Diese rasche Umdrehung bedingt eine starke Abplattung an den Polen. *Secchi* in Rom giebt sie auf Grund neuerer Beobachtungen $= \frac{1}{16,06}$ an. Die Fallgeschwindigkeit auf dem Jupiter in der ersten Secunde ist $38\frac{3}{5}$ Fuss. Seine Bahnneigung ist $= 1^0\ 19'$.

Da die Ekliptikschiefe des Jupiter nur 3^0 beträgt, so haben dort die Jahreszeiten nur geringe Temperaturverschiedenheiten.

Der Jupiter hat eine sehr consistente Atmosphäre, in welcher sich deutlich wahrnehmbare Streifen und Flecken (siehe Fig. 12. auf S. 76) befinden, die zum Theil grossen Veränderungen unterworfen sind, was auf grosse Revolutionen in dessen Atmosphäre, die vielleicht an Dichtigkeit unserm Wasser gleicht, schliessen lässt.

Der Jupiter wird von 4 Trabanten begleitet, die fast täglich Finsternisse hervorbringen. Der erste bewegt sich in $1\frac{3}{4}$, der zweite in $3\frac{1}{2}$, der dritte in $7\frac{1}{8}$, der vierte in $16\frac{2}{3}$ Tagen um den Hauptplaneten. Dass diese Jupiterstrabanten den Dänen *Römer* auf die Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit geführt haben, wurde bereits früher erwähnt. Aus den Beobachtungen dieser Satelliten hat Kapitän *Jacob* in Madras in neuester Zeit die Masse des Jupiters $= \frac{1}{1047,54}$ gefunden.

VII. Der Saturn (♄).

Er ist 9 Mal weiter entfernt von der Sonne, als unsere Erde (197 Millionen Meilen), und beschreibt seine Bahn, welche eine Neigung von $2^0\ 29'$ hat, um dieselbe in $29\frac{1}{2}$ Jahren. Hat man ihn einmal gesehen, so findet man ihn leicht wieder, weil er gegen $2\frac{1}{2}$ Jahre in einem Sternbilde bleibt. Seine Bewegung ist nämlich $3\frac{1}{2}$ Mal langsamer, als

die der Erde, und er legt also in der Secunde nur 1,3 Meilen zurück. Ein Saturnbewohner sieht die Oberfläche der Sonne 90 Mal kleiner, als wir auf der Erde. Seine Entfernungen von der Erde halten sich zwischen 160 und 223 Millionen Meilen, während die von der Sonne keine so bedeutende Differenz zeigen und zwischen 188 und 210 Millionen Meilen liegen.

An Grösse kommt der Saturn dem Jupiter ziemlich nahe, da sein Durchmesser 17090 Meilen beträgt. Hieraus bestimmt sich seine Oberfläche um das 95fache grösser als die Erdoberfläche und sein Volum um das 928fache. Seine Masse ist jedoch nur 95 Mal grösser als die der Erde, woraus sich eine sehr geringe Dichtigkeit für die Saturnmasse, ungefähr eine doppelt so grosse, als das Korkholz hat, ergiebt, die geringste von allen Planeten. Der Fallraum in der ersten Secunde ist auf dem Saturn = $14\frac{1}{2}$ Fuss.

Auf seiner Oberfläche zeigt der Saturn ähnliche Aequatorialstreifen als der Jupiter (vergl. Fig. 12. auf S. 76), die ebenfalls der Saturnusatmosphäre anzugehören scheinen und bei ihrer grossen Veränderlichkeit ebenfalls auf grosse Revolutionen in derselben schliessen lassen. Die Dauer der an Flecken bemerkbaren Rotation des Saturn ist $10\frac{1}{2}$ Stunden, woraus eine starke Abplattung an den Polen folgt.

Einer eigenthümlichen Erscheinung ist noch bei dem Saturn Erwähnung zu thun, nämlich der sogenannten *Saturnusringe*. Der Saturn wird nämlich von zwei Ringen umgeben, von denen der äussere 19045 und 16762 Meilen bezüglich zu innern und äussern Durchmessern, der innere Ring hingegen 16375 und 12667 Meilen zu solchen hat. Man ist der Meinung, dass diese Ringe ein Convolut von einander sehr nahen Nebenplaneten des Saturn seien. Ausserdem befinden sich noch ausserhalb des Ringes 8 Trabanten. Die Beobachtungen eines derselben, *Titania*,*) haben für den Saturn die Masse von $\frac{1}{3500}$ bis $\frac{1}{3476}$ ergeben.

Die Ekliptikschiefe des Saturn ist sehr bedeutend und beträgt 30°, woraus sich eine ziemlich grosse Verschieden-

*) Den übrigen hat man die Namen: Mimas, Encelade, Tethys, Dione, Rhea, Hyperion und Japet gegeben.

heit der Temperaturverhältnisse in den einzelnen Jahreszeiten ergiebt.

VIII. Der Uranus (♅).

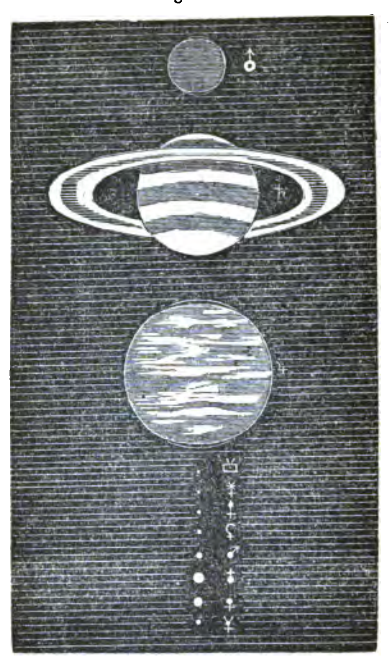
Er ist im Mittel 396 Millionen Meilen von der Sonne entfernt und braucht 84 Jahre (genau 30686,8 Tage), um seine weite Bahn zu durchlaufen. Wegen dieser langsamen Bewegung (in der Secunde legt er eine Meile zurück) ist er auch erst spät, am 13. März 1781, vom älteren *Herschel**) als ein Planet erkannt worden. Verglichen mit der Erde ist sein Durchmesser 4,3, seine Oberfläche 18, sein Volum 76, seine Masse 17 und seine Dichtigkeit $\frac{1}{5}$ Mal so gross, als die entsprechenden Grössen der ersteren. Er hat deshalb die mittlere Dichtigkeit des Wassers. Der Fallraum in der ersten Secunde beträgt auf dem Uranus ebenfalls $14\frac{1}{2}$ Fuss; seine Bahnneigung ist $= 0^0\ 40'$. Ueber seine Axendrehung ist nichts Genaues bekannt, ebenso über die Zahl seiner Trabanten, von denen *Herschel* sechs beobachtet haben will.

Fig. 12 giebt eine vergleichende Uebersicht über die verhältnissmässige Grösse der vor 1845 entdeckten Planeten.

---

*) *Friedrich Wilhelm Herschel*, geb. in Hannover am 15. Nov. 1738, ging 1757, um sich in der Musik auszubilden, nach London. Er bekleidete auch in England mehrere Stellen in diesem Fache, trieb aber dabei Mathematik und zeigte besonders einen grossen Eifer für Astronomie. Er verfertigte sich selbst einen Reflector von 5 Fuss, mit welchem er den Ring des Saturn und dessen Trabanten beobachten konnte. Er baute sich immer grössere Spiegelteleskope und machte damit seine grossartigen Entdeckungen. 1781 entdeckte er den Planeten Uranus. Besondere Aufmerksamkeit widmete er den Nebelflecken und Sternhaufen, und erkannte in ihnen viele 1000 gesonderte Fixsterne. Er fand die Rotation des Saturn, ihm gehören auch die Entdeckung der Doppelsterne oder Fixsternsysteme, sowie viele andere astronomische Entdeckungen. Er starb auf seinem Landsitze Slough am 25. August 1822. Er hat zahlreiche gedruckte, theils ungedruckte Schriften hinterlassen. Auch dessen Sohn, *John Frederik William Herschel*, hat sich vielfache Verdienste um die Astronomie erworben. Derselbe wurde 1790 zu Slough geboren und studirte in Cambridge. Er verwendete ebenfalls viel Fleiss auf Beobachtung der Doppelsterne und gab einen Katalog von 380 neuen Doppelsternen heraus, denen später anderweite Kataloge von 295 und 384 Doppelsternen folgten. Die letzte grosse Unternehmung des jüngeren *H.* ist sein Aufenthalt am Cap der guten Hoffnung, um die südliche Himmelshemisphäre zu durchforschen. Von seinen vielen Werken sind mehrere auch ins Deutsche übersetzt worden.

Fig. 12.



IX. Der Neptun (♆).

Der Umstand, dass die berechneten, durch die übrigen Planeten hervorgebrachten Störungen des Laufes des Uranus nicht mit den Beobachtungen in Einklang zu bringen waren, hatte schon seit längerer Zeit die Vermuthung eines transuranischen bedeutenden Planeten hervorgerufen, jedoch es hatte noch Niemand gewagt, aus jenen Perturbationen die Elemente und die wirkende Masse jenes noch unbekannten Planeten zu berechnen. Dieses Problem wurde endlich von *Adams* in Cambridge im Geheimen und von *Le Verrier* in Paris offenkundig gelöst.

Le Verrier richtete an Professor *Encke* in Berlin die Aufforderung, ungefähr 5⁰ östlich von δ Capricorni die Aufsuchung des berechneten Planeten zu versuchen, und es war auch der Observator der Berliner Sternwarte, Dr. *Galle*, am 23. Sept. 1845 so glücklich, den neuen Planeten unseres

Sonnensystems zu finden. Derselbe wurde auch am 29. Sept. von Professor *Challis* in Cambridge erkannt.

Nach den von *Kowalski* ausgeführten neuesten Beobachtungen ergeben sich für den Neptun folgende Resultate:

Mittlere Entfernung von der ☉	30,034*)
Siderische Umlaufszeit . . .	164,595
Excentricität	0,00917
Bahnneigung	1° 47′ 0″,9.

Ein Trabant des Neptun ist von *Lassel* zu *Liverpool* entdeckt worden.

X. Der Mond (☾).

Wir haben bereits früher (im 7. Kap.) über den Mond nach seinen Beziehungen zur Sonne und Erde gesprochen, jetzt wollen wir nun noch Einiges über dessen physische Beschaffenheit hinzufügen.

Schon mit unsern blossen Augen bemerken wir, dass die uns zugekehrte Seite des Mondes grosse Verschiedenheiten zeigt, namentlich hellere und dunklere Flecken, welche man früher für Meere hielt. Nach Entdeckung des Fernrohres überzeugte man sich, dass die Oberfläche des Mondes eine sehr gebirgige Beschaffenheit hat, denn man erkannte deutlich die Schatten der einzelnen Berge. Diese Schatten sind am deutlichsten wahrnehmbar, wenn der Mond uns in Sichelform erscheint, also kurz vor oder nach dem Neumond, während wir zur Zeit des Vollmondes gar keinen Schatten sehen. Der Grund ist der, dass zur Zeit des Vollmondes die in der Mitte befindlichen Bewohner des Mondes, wenn es überhaupt solche giebt, die Sonne im Zenith haben und deshalb nur die an den Rändern befindlichen Berge Schatten werfen können. Diese ungeheuren Schattenlängen haben ein Mittel an die Hand gegeben, die Höhe jener Berge zu be-

---

*) Von dem Bodeschen Gesetze ausgehend hatte Le Verrier die halbe grosse Axe der Neptunusbahn = 36,154 Erdabständen bestimmt, während spätere, auf wirkliche Beobachtungen gegründete Rechnungen dafür 30,034 ergaben. Bei letzteren wurde eine schon von Lalande angestellte Beobachtung, bei welcher aber der Neptun als Fixstern betrachtet worden war, benutzt.

stimmen und man hat sich überzeugt, dass sie an Höhe unsere höchsten Berge zum Theil weit hinter sich lassen.

Die Mondgebirge sind im Allgemeinen doppelter Art, *Bergketten* oder *Ringgebirge*, von denen letzteren wir auf der Erde kaum etwas Analoges haben. Es sind diese Ringgebirge nämlich ungeheuer weit ausgedehnte Vertiefungen, (die früher für Meere gehaltenen dunklen Flecken,) die mit hohen Wällen umgeben sind. Man hat sie für Krater ungeheurer erloschener Vulkane angesehen, die aber leer sind, da der Mond kein Wasser hat. Dass die umgebenden Wälle gerade so viel Masse enthalten, als zur Ausfüllung jener Krater hinreichen würde, bestätigt allerdings die Annahme, dass durch grosse, ungeheure Hebungen und Senkungen bewirkende, Revolutionen jene Ringgebirge entstanden sein mögen.

Der Umstand, dass Fixsterne, ohne irgend eine Lichtschwächung zu erfahren, hinter die Mondscheibe treten, beweist, dass der Mond keine oder wenigstens eine sehr feine Atmosphäre haben kann. Da aber ohne eine solche die Existenz von Feuer nicht gut gedacht werden kann, so wird die Annahme von Mondvulkanen hiedurch wieder unstatthaft, wenigstens wie die Verhältnisse jetzt auf dem Monde sind. Möglich ist es dessen ungeachtet, sogar wahrscheinlich, dass dieser Zustand des Mondes in früheren Zeiten ein anderer gewesen ist.

Man hat vom Monde genaue Karten entworfen und auf diesen den Bergen und Thälern verschiedene Namen gegeben, die theils von unseren Bergen und Meeren, theils von berühmten Astronomen und anderen grossen Männern hergenommen sind.

Kaum braucht wohl noch besonders erwähnt zu werden, dass die Mondbewohner unsere Erde unter ganz analogen Lichtgestalten erblicken, wie wir den Mond, nur dass sich die Verhältnisse umkehren. Zur Zeit des Neumonds haben die Mondbewohner *Vollerde* und zur Zeit des Vollmonds *Neuerde*.

Einer eigenthümlichen Erscheinung ist noch zu gedenken, die durch die Anziehungskraft des Mondes verbunden mit der der Sonne auf unserer Erde hervorgebracht

wird. Es ist dies die *Ebbe* und *Fluth*. Zweimal nämlich des Tages erheben und senken sich die Gewässer des Meeres; die ersten 6 Stunden steigt das Meer an den Ufern in die Höhe, dringt in die Flüsse hinein und überschwemmt die niedrigen Gestade. Man nennt diese Erscheinung die *Fluth*. Hat das Meer seine höchste Höhe erreicht, so fällt es wieder und hat nach 6 Stunden wieder seine grösste Tiefe erreicht. Man nennt diese Zeit die Zeit der *Ebbe*. Diese Erscheinungen wiederholen sich Tag für Tag und Jahr aus Jahr ein mit ununterbrochener Regelmässigkeit. Dass der Mond hierbei die Hauptrolle spielt, geht schon aus der Thatsache hervor, dass die Fluthen zur Zeit der Syzygien am stärksten und zur Zeit der *Quadraturen* am geringsten sind. Im Allgemeinen bemerkt man eine Zunahme derselben, wenn der Mond oder die Sonne der Erde näher kommt.

Dass die Anziehung des Mondes und der Sonne auf unsere Atmosphäre einen ähnlichen und zwar weit stärkeren Einfluss ausüben muss, leuchtet von selbst ein. Hiermit stehen nun offenbar die verschiedenen Barometerstände, die Winde und überhaupt die verschiedenen Witterungsverhältnisse im engsten Zusammenhange.*)

XI. Die Kometen.

Ausser den erwähnten Planeten mit ihren Trabanten gehören noch eine zahllose Menge anderer Himmelskörper, welche ebenfalls in (meist sehr lang gestreckten) Ellipsen die Sonne umkreisen und diese in einem ihrer Brennpunkte haben. Wir meinen die *Kometen*. Bis zum Ende des 16. Jahrhunderts sind Nachrichten von 455 Kometen auf uns gekommen. Ihre Zahl würde offenbar viel bedeutender sein, wenn man damals dieselben Hilfsmittel hätte in Anwendung bringen können, welche gegenwärtig dem Beobachter zu Gebote stehen. Zu jenen 455 Kometen kamen im 17. Jahrhundert 27, im 18. 69 hinzu, während man im 19. Jahrhundert bis Ende 1863 bereits 118 gezählt hat und noch jährlich neue entdeckt werden.

*) Die Theorie von Ebbe und Fluth siehe im 2. Theile.

Trotzdem ist die Anzahl derer, von welchen man die Umlaufszeit bis jetzt aufgefunden hat, nur sehr gering. Man kennt deren nämlich kaum 20, von welchen folgende 5 die bestbestimmten sind:

Halley's Komet hat eine Umlaufszeit von 76 Jahren,
Olber's Komet „ „ „ „ 73 „
*Encke's**) Komet „ „ „ „ $3\frac{1}{4}$ „
Biela's Komet „ „ „ „ $6\frac{3}{4}$ „
Der *Brorsen*'sche Komet von 2038 Tagen nach *d'Arrest.*

Die Kometen bestehen aus einer nur wenig Consistenz besitzenden, oft nur nebelartigen Masse**). Das Merkwürdigste ist jedoch, dass die meisten einen sich oft in mehrere Zweige spaltenden Schweif besitzen, der meist auf der der Sonne abgewandten Seite liegt. Manche solcher Schweife erstreckten sich über einen grossen Theil des sichtbaren Himmels. Ueber deren Natur weiss man noch nichts Gewisses.

Die Kometen sind in früheren Zeiten Gegenstände des Schreckens gewesen, entweder weil man sie abergläubisch für Unglücksboten ansah, oder weil man ein Zusammentreffen mit der Erde fürchtete. Von den bekannten Kometen könnte nur der *Biela*'sche eine solche Furcht einigermaassen begründen, weil dieser gerade durch die Erdbahn geht.

Ausser den genannten Himmelskörpern gehören hierher noch eine grosse Masse von kleinen Weltkörpern, nämlich die *Aërolithen* (Meteorsteine), *Sternschnuppen* und *Feuerkugeln*. Ueber diese Körper vergl. II. Theil. Physikalische Geographie §. 77.

---

*) *Johann Franz Encke*, Director der Königl. Sternwarte zu Berlin, geb. am 23. Septbr. 1791 zu Hamburg. Er studirte unter *Gauss* zu Göttingen, dann trat er in Preuss. Artilleriedienste, kam dann durch den Sächs. Minister von Lindenau auf die Sternwarte Seeburg bei Gotha und von da im J. 1825 als Director der Sternwarte nach Berlin. Der nach ihm benannte Komet war von *Pons* am 26. Novbr. 1818 entdeckt worden. Besondere Verdienste erwarb er sich auch durch seine sorgfältigen Berechnungen der Beobachtungen der Venusdurchgänge. Von 1830 an hat er die früher von *Bode* herausgegebenen „*Astronomischen Jahrbücher*“ besorgt. † 26. August 1865.

**) Der Abbé *Baillard* sagt darüber Folgendes: Es ist nicht nöthig, dass die Kometen, wie unsere Erde und die übrigen Planeten, aus einer zusammenhängenden Masse bestehen, vielmehr ist es wahrscheinlich oder es steht vielmehr nichts entgegen, anzunehmen, dass die Kometen aus kleinen, gehörig von einander getrennten festen Massen bestehen. Die Analogie gestattet uns, anzunehmen, dass im Weltenraume Gruppen von kleinen Körpern von der Natur der *Aërolithen* von sehr kleinen sogenannten staubförmigen Fragmenten existiren. Wer weiss nicht, dass das vereinigte Auftreten sehr kleiner Körperchen eine grosse Rolle in den noch immer räthselhaften Ringen der Planeten, in dem Zodiakallichte, den Sternschnuppen und den Nordlichtern spielt.

